北海道農業試験場彙報

第 75 号

昭 和 35 年 3 月

RESEARCH BULLETIN

OF THE

HOKKAIDO NATIONAL AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION

No. 75

March, 1960

Published by

The Hokkaido National Agricultural Experiment Station

Kotoni, Sapporo, Japan

北 海 道 農 業 試 験 場

札 幌 市 琴 似 町

目　次

CONTENTS

北海道における夏季気温の変動と作物収量の変動との関係

星野達三*・岡部四郎**

THE INCREASE IN OF STABILITY OF CROP PRODUCTION IN HOKKAIDO

By Tatsuzo HOSHINO and Shiro OKABE

I まえがき

農家にとつて作物の収量増加とともに安定性の向上が経営改善の重要な要素であることは申すまでもない。とくに昭和29年，31年とほとんど連続してはげしい冷害凶作に見舞われた北海道では，数年を経過した現在でもなおその当時に受けた傷手から完全には立直れない農家がきわめて多い現況である。

昔に比べて作物の反収が向上しているということは大体いえるにしても，安定性の点についてはどうであろうか，昔と余り変らないのではないかという疑問がある。また作物の種類によつて安定性にはどのような差異があるであろうか。このような問題については，北海道では経験的，あるいは常識的には既に一応の解答が出されているともいえよう。しかし改まつてそれを裏付けするような，数量的に表わされた資料を求めようとするとなかなか適切なものが得られないようである。ここでは主として作物収量(反収)の安定性が，昔と今とでどのように変化したかという問題をとりあげ，これを検討するための一つの試算を行つた。対象とした作物は，高温性秋収作物として水稲，大豆，小豆，菜豆，秋収作物であるが低温に対する適応性が大とされている馬鈴薯および甜菜，夏収作物であつて夏期の低温を好むとされる小麦（春播，秋播）の7種類をとりあげてみた。これらの作物の収量を支配する要因はきわめて多種多様であり，作物の種類を異にすることによつてその様相も著しく異なると考えられるが，ここでは一般的にいつて寒冷気象下の北海道において最も主導的に作用すると思われる夏季の平均気温の年次間変動を条件としてとりあげ，これと作物反収の年次間変動との関係を検討した。

* 作物部
** 作物部　作物第1研究室

本稿を草するに當り，多くの労を煩わした作物部作物第1研究室の久保田田鶴子技官に厚く感謝の意を表する次第である。

II 作物別反収の推移

まず年次変動の大小をあらわす尺度として，年次に対する夏季気温および各作物反収の趨勢値からの変動度を用いることとし，昭和元年から33年に至る各年の値に基ずいて次の式により年毎の夏期気温並びに作物反収の変動度を算出した。

$$\text{変動度} = \frac{(\text{各年の実測値}) - (\text{各年の趨勢値})}{(\text{各年の趨勢値})}$$

ここで趨勢値としては，年次に対して気温あるいは反収がそれぞれ一次の回帰方程式で表わしうる関係にあるものとして論議をすすめた。夏季平均気温は便宜的に札幌，旭川の7月および8月の平均気温の平均を用い，反収は主として統計調査事務所発表の値を補正することなしにそのまま使用した。

作物別に反収の年次推移を見ると第1表のとおりである。これによると甜菜がやや減収の傾向をたどつた以外は，各作物ともに反収増加の傾向で，とくに水稲の増収度が大きく，馬鈴薯もやや大きい。昭和20～30年頃の水稲反収の統計数値が実際より若干低目に出ていることから見て，水稲の反収増加割合は本表の値よりもさらに大きいことになる。これに反し小麦の場合は増収度が低い。甜菜は，ごく近年（とくに昭和27年頃以降）の増収は目覚ましいものがあるが，昭和年間全体の傾向としては減収の方向に傾いていたといえよう。またこのことは，甜菜のような集約な畑作物に対して戦時の影響が最も大きくあらわれているという見方もできる。

一方夏季平均気温の年次推移を見ると，これもごく僅少ながら上昇の傾向にあることが伺われるのであるが（第

1 表最下段)，作物反収の増加度の方が一般に気温の上昇度より遙かに大きいことが知られる。

第 1 表　作物別反收並びに気温の推移
（昭和元年〜33年）

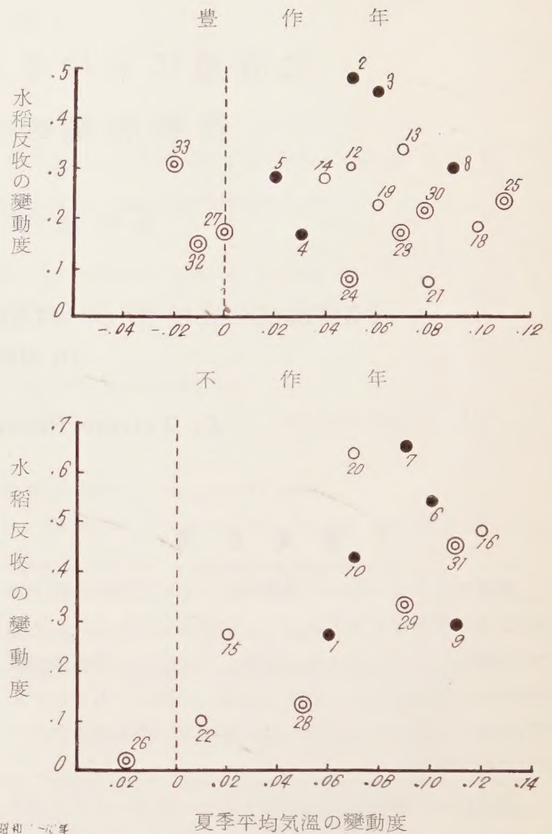
項　　目	回　帰　方　程　式*1)
水　　稲	$\hat{Y}$ = 1,057.8 + 27.5 X（合）
大　　豆	$\hat{Y}$ = 640.8 + 6.1 X（〃）
小　　豆	$\hat{Y}$ = 660.5 + 2.0 X（〃）
菜　　豆	$\hat{Y}$ = 620.6 + 6.2 X（〃）
馬 鈴 薯	$\hat{Y}$ = 200.1 + 5.8 X（貫）
小　　麦*2)	$\hat{Y}$ = 843.8 + 3.1 X（合）
甜　　菜	$\hat{Y}$ = 425.7 − 1.0 X（貫）
気　　温*3)	$\hat{Y}$ = 20.7 + 0.01 X（°C）

注 *1)　年次に対する気温並びに反收が一次の回帰方程式にて表わしうるものと仮定した。
*2)　春播，秋播を合計したもの。
*3)　札幌・旭川の 7，8 月の平均気温の平均。

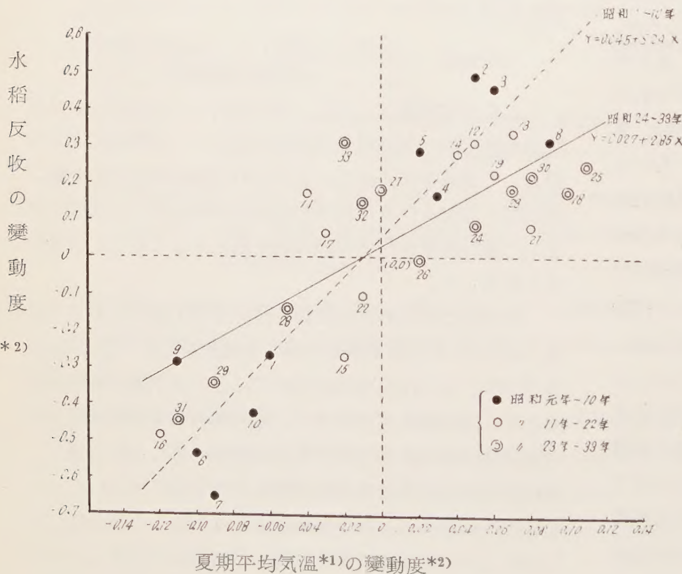
III　気温の変動と作物反收変動との関係

作物反収の安定性について昔と今とを比較しようとする場合，単に反収の変動それ自身を直接に比べることは困難である。仮に現在の方が昔よりも反収が安定したごとくに見えたとしても，反収を支配する主要因の一つと思われる気温の変動について，現在の方が昔より小さい場合は，それは技術（広い意味での）による安定度の向上を指し示す目安にはならないからである。そこでここでは一つの基準として，夏季の平均気温の趨勢値に対する変動の程度を尺度に用いることとした。すなわち夏の平均気温についてのある単位の大きさの変動度に対する作物反収の方の変動度を推定し，その値が昔と今とでどのように違うか，また作物間でどのような差異を示すかを明らかにしようとした。

まず水稲を例にとつて両者の関係を示すと第1図のとおりである。昭和元年より33年に至る間を全体をこみにして見た場合，水稲反収の変動は 7，8 月の平均気温の変動と高い相関々係にあるのが認められる。いまこれを豊



第 2 図　気温の變動度と水稲反收の變動との關係 (2)



注 *1)　札幌・旭川における 7 月，8 月，2 カ月の平均気温の平均
*2)　{（各年の値）—（趨勢値）}／(趨勢値)
*3)　圖中の番号は昭和年号

第 1 図　気温の變動度と水稲反收の變動度との關係 (1)
（昭和元年 〜 33年）

作年と不作年とに別けて書き改めると第2図のごとくで，反収が趨勢値以上の年柄と，以下の年柄とでは気温のふれと反収のふれとの関係に著しい差異が認められる。反収が趨勢値より上廻つた年の場合には，その増収割合は気温の変動の大小と一定の関係が見られず，夏の気温がとくに高いからといつて，必ずしもそれだけ収量の増加が期待されるわけのものでないことを示している。すなわち北海道においても府県の場合と同様で，盛夏の気温の高いことが必ずしも道全体としての収量増加のための第1要件として挙げられないことを物語つている。

これに対して不作年（＝趨勢値よりも反収が下廻つた年）について見ると，水稲反収の変動度は夏季気温の変動の程度と高い相関々係にあることがうかがわれる。

次に再び第1図によつて，昭和年間全体をこみにしたときの反収のふれと気温のふれとの関係を，今度は年代を区切つて検討してみる。いま極端な例として昭和元年〜10年と，昭和24年〜33年の新旧それぞれ10年間ずつを比較してみることにする。比較を簡単にするために，夏の気温の変動度に対する水稲反収の変動度の関係を一次の回帰方程式で表わしうるものと仮定して論議をすすめることとする。これに基ずいて旧・新両年代における関係式を求めてみるとそれぞれ次式のとおりである。

昭和元年〜10年：$\hat{Y}=0.045+5.29X$

昭和24年〜33年：$\hat{Y}=0.027+2.85X$

ここでXは夏の平均気温の変動度，Yは水稲反収の変動度である。これを図示すると第1図中の2直線のごとくで，X軸に対する角度は近年の方が昭和の当初の頃に比べて小さくなつている。このことはすなわち，ある単位の大きさの夏季気温のふれに対して近年は昔よりも水稲反収のふれが小さくなつたことを示しているもので，近年は絶対反収が上つたと共に(第1表)，冷害に対しても昔ほどのはげしい減収を来さなくなつたといい得ることを暗示している。このことはまた一方で気温が上昇してもそれほどの増収をもたらさないことをも指し示すわけで，これについては先にも記したとおりである。

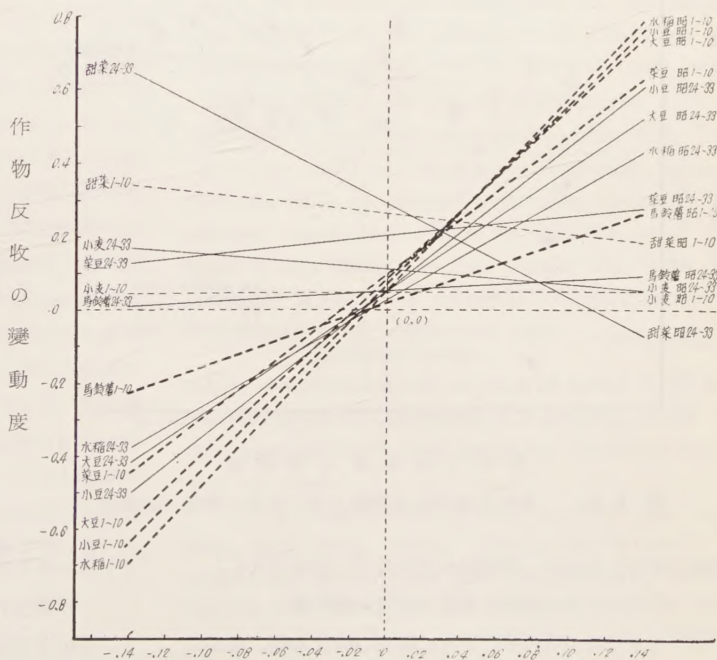
さて以上の水稲について行つた比較の方法を他の畑作物にも当てはめて，作物ごとに，気温のふれ（X）に対する反収のふれ（Y）の回帰方程式を求めた。これを第2表および第3図に示す。このうち大豆および菜豆について各年次の値を第4，5図に示す。

第2表　夏季気温の變動に対する作物反收の變動の回帰

作物の種類	昭和元年〜15年	昭和24年〜33年
水稲	$\hat{Y}=0.045+5.29X$	$\hat{Y}=0.027+2.85X$
大豆	$\hat{Y}=0.081+4.73X$	$\hat{Y}=0.057+3.32X$
小豆	$\hat{Y}=0.056+4.91X$	$\hat{Y}=0.046+3.97X$
菜豆	$\hat{Y}=0.092+3.79X$	$\hat{Y}=0.206+0.49X$
馬鈴薯	$\hat{Y}=0.025+1.91X$	$\hat{Y}=0.051+0.37X$
小麦	$\hat{Y}=0.042+0.007X$	$\hat{Y}=0.116-0.32X$
甜菜	$\hat{Y}=0.259-0.39X$	$\hat{Y}=0.228-2.40X$

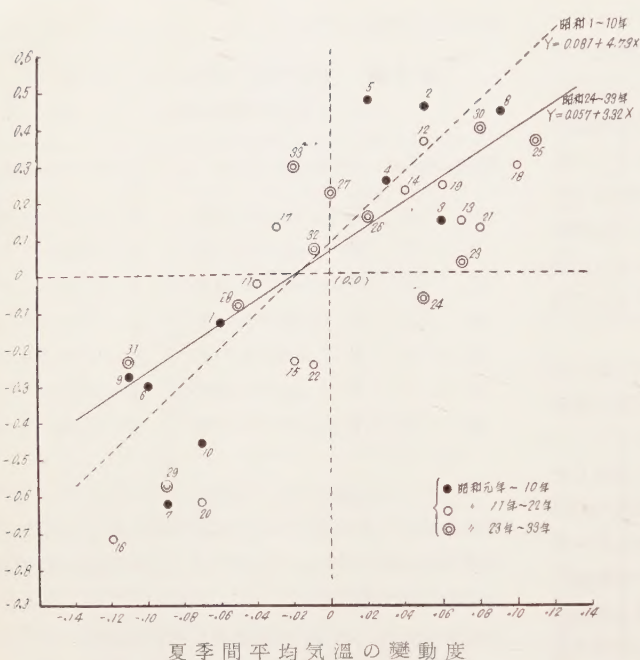
これらの図表を見て一般的にいえることは，いずれの作物の場合も概ね夏季平均気温の高低に対して収量は安定化の方向に向つていることである。しかし安定化の程度には作物間でやや差異が見られ，昭和のはじめと現在とでは反収の安定性（あるいは変動度）の順位が違つている点が注目される。すなわちある単位の大きさの気温のふれに対して反収のふれは，昭和元年〜10年の頃は

水稲＞小豆＞大豆＞菜豆≫馬鈴薯≫小麦

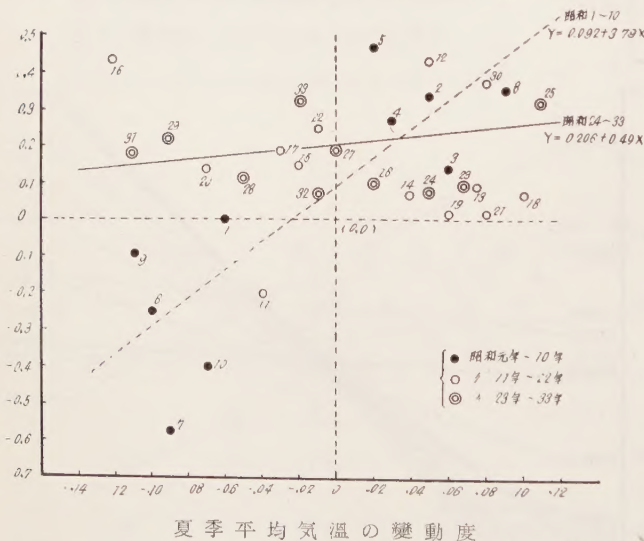


夏季平均気温の變動度

第3図　夏季平均気温の變動と作物收量の變動
（昭和元年〜10年と昭和24〜33年との比較）



第 4 図　夏季平均気温の變動と大豆收量の變動との關係



第 5 図　夏季平均気温の變動と菜豆收量の變動との關係

の順であつたものが，昭和24〜33年のごく近年になると

小豆>大豆>水稲≫菜豆>小麦>馬鈴薯

の順に小さくなつている。とくに著しいのは水稲，菜豆，馬鈴薯の反収が安定化したことで，昔北海道における不安定作物の第1位という烙印を捺されていた水稲がかなり落着いた傾向を示していることは，菜豆の安定化と共に特記さるべき点と思われる。また菜豆と馬鈴薯は，近年では低温年においても趨勢値をかなり上廻る反収をあげており，しかも安定しているのが特異的である。

ただここで注目されるのは甜菜についての問題である。従来これは最も安定した作物とみなされていたのであるが，近年はむしろ他の一般作物（除小麦）と傾向を異にして，気温のふれが大きくなると収量のふれも大きくなり，しかもその変動の方向が逆になつている。すなわち夏季低温の場合には趨勢値に対する増収割合がきわめて大きい割合に，夏の高温の場合には増収度が案外小さいことを示している。甜菜がこのような特異な傾向を生じたのには，一つには反収変動の基準としてとつた年次に対する一次の回帰方程式による趨勢値の推定方法が，甜菜の場合にはとくに適合しないこともあるいは一つの原因であろう。

甜菜の反収の推移を見ると，昭和19年を最低としてそれまでは逐年反収が減少し，昭和20年以降において急速に増収の傾向をたどつている。これは戦時中および終戦直後において肥料不足，労力不足，輸送難，自家用糖源利用による減産，家畜飼料への転用あるいは甜菜作付面積に関する統計値上の問題（過大に推定された傾向がある）などのことが帰因して減収していたものが近年に至つて各種条件が改善されるとともに急激に反収が上昇してきたものである。したがつて甜菜の場合についてのみ仮に抛物線に近い曲線によつて趨勢値を確定したとすれば，昭和24〜33年における気温・反収の回帰直線は昭和元年〜10年の直線にかなり近ずくものと想像される。すなわち甜菜は昔も今も安定作物といえることになる。

以上を総括してみると，安定性を尺度にして作物を区分すると次のごとくになる。

イ）昔も今も安定している作物：馬鈴薯，小麦（但し春播・秋播合計）

ロ）昔は不安定であつたが，現在著しく安定化の進んだ作物：菜　豆，水　稲

ハ）昔も不安定で，今もなおやや安定性を欠く作物：大豆，小　豆

ニ）特異的なもの（あるいはイ）に属する？）：甜　菜

IV 統計値に基いて表わされた反収の安定性の意味について

本報告の考察に用いた反収の基礎数値は，農林省統計調査事務所その他の統計調査機関の資料に拠つた全道の平均反収であり，夏の気温は札幌・旭川の7月および8月の各平均気温の平均をもつて代表させている。作物の種類が異なることは場合によつては(例えば水稲と畑作物,大小豆と馬鈴薯というごとく),栽培される地域が異なることを意味してをり，その置かれた経済的あるいは自然的な条件が著しく異なつていることを裏に含んでいるものである。それゆえここに記した作物収量の安定性についての見方は，きわめて一面的であることを免れない。すなわちかなり異質な条件下において現われてきた作物収量を，同一の場に機械的に並べて比較したものであり，しかも夏季の平均気温の変動という一つの「ものさし」で計量したわけである。したがつて上に述べた安定度向上に関する作物間の比較は作物それ自体の本来の特性としての安定性を必ずしも意味していない場合も生ずることになる。

例えば「水稲は安定化しうる条件（経済的，自然立地的）の下で作られ，大豆・小豆は不安定にならざるを得ない条件下で栽培されている」という見方も成立つわけで，この見方の基礎は「大豆・小豆を，水稲の作られているような場所ないし条件で栽培したらさらに安定するだろう」ということである。この報告では，以上のような作物それ自体の特性的な安定性のことは問題としなかつた。ただ現実には,第2表,第3図およびその他の図表に示すような状態の下でそれぞれの作物は作られていることを示すに止まつている。とくに各々の作物ごとに昭和の当初と近年とを比較した場合，作物により著しく安定化の進んだものと然らざるものとがあることは，今後の各方面における農業施策において配慮せねばならない一つの点を示唆するものである。また例えば菜豆栽培が現状では豆類の中できわめて安定性の高い位置にあることは興味ある点であり，菜豆類が約 90,000 町歩（昭32: 83,210町）近くも作られている原因の中には，菜豆に対する需要度の大きいことおよび価格の問題の外に，収量についてのここに示したような安定度の高さも帰因しているのではないかと想像されるところである。

V 要　　約

1. 北海道における夏季間平均気温の趨勢値に対する変動と，数種作物反収の趨勢値に対する変動との関係を，昭和の初期と最近との間で比較し，作物収量の安定性の進展について検討するための一試算を行つた。

2. 昭和年間における反収の推移は，甜菜を除いて増収の傾向をたどり，とくに水稲と馬鈴薯の増収度が大である。

3. 夏季間平均気温の年次変動に対する作物収量の変動は，各作物とも一般に近年小さくなり，安定化しつつあることがうかがわれた。とくに水稲，菜豆，馬鈴薯は気温のふれに対しては反収が安定化してきた。大豆，小豆はなお不安定といえる。

4. これらの傾向は必ずしも作物それ自体の特性としての安定性を意味していない。しかし現実には安定性についてかなり差異のある状態でそれぞれの作物が栽培されていることを示すものである。

引　用　文　献

1) 農林省（1958）：北海道農業累年統計表．〔寒冷地農業調査資料〕

2) 農林省統計調査事務所編（1959）：北海道農林水産統計

3) 札幌気象台調査課資料．1926～1958．

Résumé

1. In order to get information on the increasing stability of crop production in Hokkaido, the variations in acreage yield of several crops were compared between an old ten-years period, 1926 ～ 1935, and a recent ten-years period, 1949～1958. The variations could not be directly compared, because deflexion of environmental conditions, especially of climatic conditions, might be different from old times to new times. In this report, the value of flexibility is estimated using the following formula:

$$\frac{\text{Observed value}-\text{Estimated value}}{\text{Estimated value}} = \text{Flexibility},$$

where observed value is an item of actual statistics in every year and estimated is a trending value in each year obtained from the linear regression equation for years.

2. Average yields of such crops as rice, soy bean, azuki bean, wheat (spring and winter), potato and kidney bean have been gradually increasing in 1926～1958, but not of sugar beet. The rate of increase has been particularly remarkable in rice and potatoes.

3. Flexibility of crop yields has generally become small relatively for a unit of flexibility of the average of mean air-temperature in summer, July and August. This seems to show that stability

of crop production has made general progress in Hokkaido these years. The progress is large in rice, kidney bean and potato, but rather small in soy bean and azuki bean. The present order of stability is; potato>wheat(and sugar beet ?)>kidney-bean>rice>soy bean>azuki bean.

4. Stability in each crop, however, does not mean that it has essentially its own security. And it may be said that it should be possible to get some informations on differences in stability of several crops yield in actual farming in Hokkaido, although there has been a general increase in recent years.

葉位別低温処理が稲の生育及び稔実に及ぼす影響

(水稲冷害の解析的研究 I)

島崎佳郎*・ 土井康生*・ 伊藤延男*

DRIFT OF GROWTH AND FERTILITY OF RICE PLANTS INFLUENCED BY THE LOW TEMPERATURE IN SEVERAL GROWTH STAGES (STUDIES OF COOL WEATHER INJURIES OF RICE PLANTS IN NORTHERN PART TO JAPAN. I)

By Yoshiro SHIMAZAKI, Yasuo DOI and Nobuo ITŌ

I はしがき

水稲の冷害に関する研究は昭和初年の東北および北海道地方の冷害凶作を契期として，数多く，しかも活潑に行われ，幾多の成果が発表されている。この種の研究の第1の段階としては，低温が水稲の各生育時期によつていかなる影響を与えるかという問題に集中した。すなわち北海道における研究としては高杉（1938）があり，その他には寺尾ら（1940），近藤（1943）榎本ら（1942）などが代表的なものとしてあげられる。特に寺尾およびその協同研究者らの研究，および近藤の研究は大規模なしかも系統的な研究として知られている。これらの研究の結果から出穂の遅延は幼穂形成期および，稔実歩合の低下は減数分裂を中心とした時期の低温によつて最も大きく影響されることが明らかになつた。

著者らは昭和30年より当北海道農業試験場に新設された人工気象室を使用して，新たに冷害研究を行うに当り，北海道の比較的新しい品種を用いて水稲の生育時期による低温の影響の変動を確認し，今後の研究を進める第1段階とした。本研究はなお目下引続き行つているが，とりあえず昭和30，31両年の研究結果を取まとめて報告し，諸賢の御批判を得たい所存である。

本研究を遂行するに當り，常に指導と助言を戴いている作物部長星野達三技官に謝意を表すると同時に調査，成績の取まとめなどすべての仕事について協力を惜まなかつた土井紀子技官の努力に對して心から感謝する次第である。

* 作物部 作物第1研究室

II 材料および方法

材料としては昭和30，31年共に中生の標準品種である「栄光」を用い，冷床にて育苗した生育整一なる苗を1/5000ワグナーポットに移植した。1区3鉢としたが，移植本数は昭和30年は1鉢2株，1本植，31年には1鉢3株，1本植とした。施肥量はポット当りN，P，K共に0.7gになるごとく，硫安，過燐酸石灰および硫酸加里を用いた。供試材料の管理はガラス室および網室にて行い，低温処理はその期間のみ人工気象室の低温ガラス室に搬入し，処理後は処理前と同様の管理を行つた。低温処理は6葉より各葉の抽出時に開始し，処理期間は7日間とした。処理時期を第1表に示した。

第1表 低温処理の月日

処理區	処理日		対標準區出穂前日数	
	30年（月 日）	31年（月 日）	30年（日）	31年（日）
	月 日	月 日	日	日
無処理	—	—	—	—
6葉処理	6. 18	6. 14	47	74
7 〃	23	22	42	66
8 〃	30	30	35	58
9 〃	9. 4	7. 7	32	51
10 〃	10	15	25	43
11 〃	18	24	17	34
12 〃	25	31	10	27
13 〃	—	8. 8	—	19

なお処理温度は昭和30年には 13〜15°C および18〜20°Cの2段階，31年は 13〜14°C 単一である。処理はいずれも夕刻にポットを人工気象室に搬入して行つた。

調査は生育期間中は葉の伸長を測定し，抽出葉長を求めた。分けつの出現および各茎の着生する葉の消長をも調査した。出穂は各茎につき出穂日をしらべ全茎の50%が出穂した日をもつて平均出穂日とした。収穫後は常法に従い各次位別に1穂粒数，稔実歩合を調査した。

第2表　研究実施年の気温（半旬別平均気温）

區別	6月 (°C) 1	2	3	4	5	6
昭 30	14.0	18.0	14.8	16.9	17.4	17.3
昭 31	17.5	15.1	15.4	13.5	15.4	16.5
	7月 (°C)					
昭 30	21.7	20.4	24.3	24.7	24.7	24.4
昭 31	16.4	16.5	19.6	18.4	20.1	22.1
	8月 (°C) 1	2	3	4	5	6
昭 30	23.7	23.3	20.7	22.0	21.5	23.4
昭 31	22.0	20.7	21.1	19.0	17.3	18.2

本研究を行つた昭和30年は近年まれにみる良好年であり生育全期にわたつて高温多照に経過したが，一方昭和31年は6月より長期間低温寡照であり，近年まれなる冷害凶作年であつた。従つて生育の様相も昭和31年は相当の遅延をもたらし，標準区においても相当の不稔粒の発現をみた。参考として第2表に両年の気温をあげる。

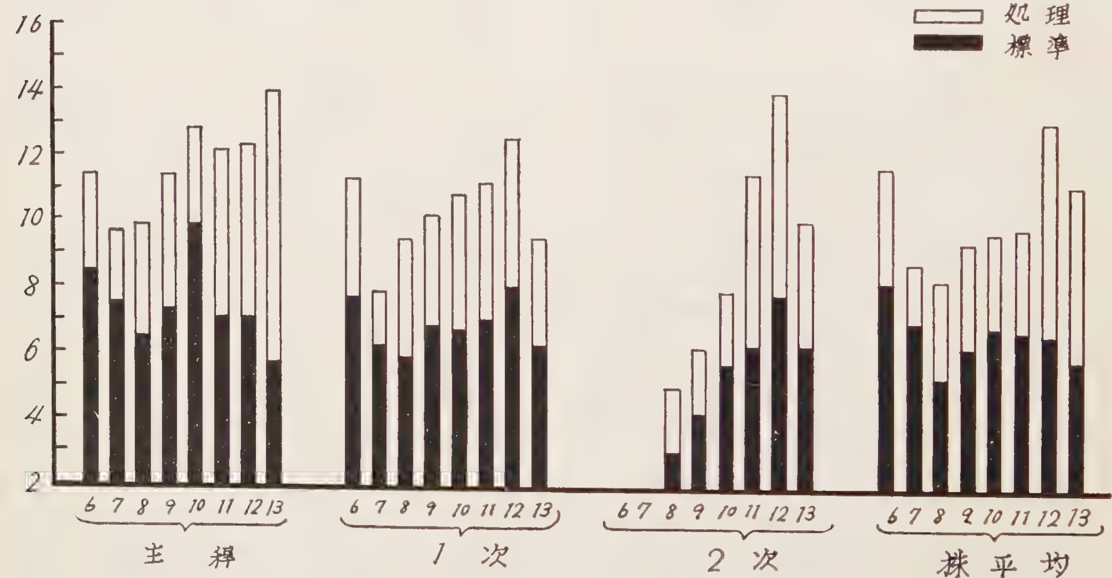
Ⅲ　結　　果

1.　低温処理と水稲の生育

生育に関する調査は両年で項目および方法が若干異なるが，結果は同一の傾向が認められたので，主なる2〜3点につきのべたい。

(1) **出葉間隔**　低温処理を行わない正常の標準区では両年について傾向はやや異なるが，出葉間隔の最も小さい区は8葉である。低温処理を行つた場合には，処理葉位のみ間隔はのびるが，処理終了後は全く正常と同じく，影響がみられない。
第3表は昭和30年の主稈についての調査結果であるが，昭和31年においてもこのことは確認された。また処理温度が低いほど，葉の伸長のおくれることも，第3表に示されている。

第1図は生育中の全茎について低温処理時の各葉の伸長速度を次位別に表わしたものであるが，主稈では最終本葉位，1および2次分けつ子では 11，12 葉位，さらに株全体の平均では 11 葉位処理が最もおくれを示している。



第 1 図　　葉位別低温處理と出葉間隔　　(昭.31)

第3表　葉位別低温処理と主稈出葉間隔（昭.30）

処理温度＼葉位		6～7	7～8	8～9	9～10	10～11	11～12
C		5	7	4	6	7	8
6	18	7	8	5	7	7	7
	13	10	6	5	7	7	8
7	18		8	6	6	6	8
	13		11	5	6	7	7
8	18			6	7	7	6
	13			10	6	7	6
9	18				10	7	7
	13				12	7	7
10	18					10	7
	13					11	7
11	18						11
	13						13

注）太線の中が処理時。

この中で最終本葉(13葉)の主稈は抽出時から葉身の伸長終了時までの日数を用いているのに対して，分けつ子の場合は各けつ子に着生し伸長中の全葉を対象としているので，両者の中で質的な相異があり，むしろ株平均で各葉位の比較をするのが合理的と考えられる。従つて株平均でみると，12葉（n－1）葉位で最もおくれることになる。

⑵ **葉身長**　次に低温処理と葉の生長量との関係を明らかにすべく各葉の葉身長を測定した。その結果は第4表に示したごとく，低温処理をうけた葉位の葉身長は6葉位を除き 13°C処理においても標準区と同じかまたは大きい。さらに 18°C処理はいずれの区についても標準区および13°C処理よりも大きく，低温処理によつて葉身

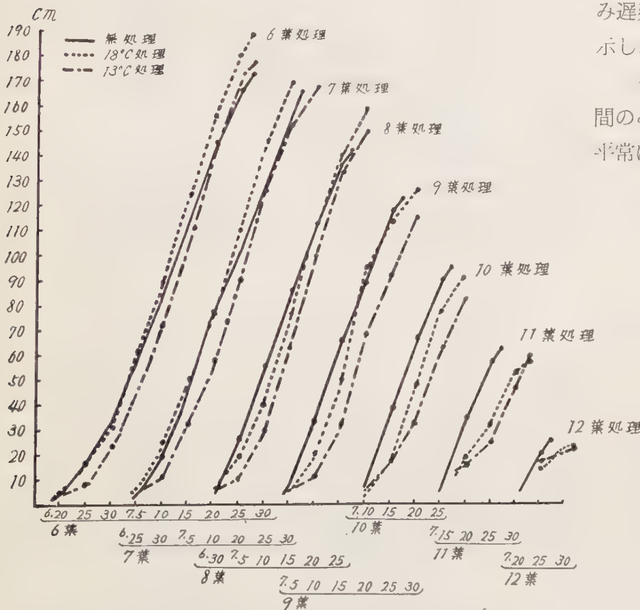
第4表　葉位別低温処理と主稈葉身長との関係（昭.30）

処理葉位	温度	葉身長 6	7	8	9	10	11	12
標準		cm 13.8	cm 17.8	cm 19.5	cm 27.2	cm 34.8	cm 34.8	cm 20.9
6	18	12.8	21.1	23.4	29.6	40.4	40.4	20.2
	13	12.8	16.6	22.8	29.3	42.4	36.0	23.7
7	18		19.3	25.6	28.8	36.8	41.2	24.2
	13		19.6	22.3	24.5	36.8	34.8	25.9
8	18			23.7	31.7	41.0	34.0	21.5
	13			22.4	28.5	41.4	38.6	33.4
9	18				30.3	39.3	36.9	25.0
	13				27.7	35.4	36.6	27.6
10	18					37.5	30.0	26.3
	13					33.8	33.8	25.1
11	18						37.4	21.3
	13						37.8	24.4
12	18							23.5
	13							28.7

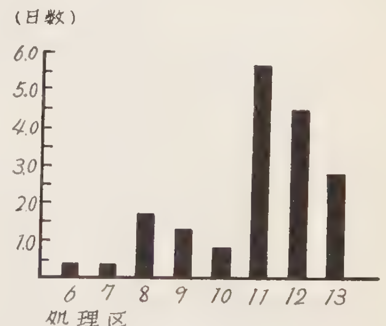
注）太線で囲んだ部分が低温処理をうけた葉。

が短かくなることはない。処理終了後に抽出した葉位の葉身長はいずれも大きくなつている。この原因については，詳細な調査を行つていないので解明出来ないが，初期葉位の低温処理時には上位葉は種々の発育段階に当つていることを思うとき，この程度の低温処理では葉身の伸長速度のみ遅延せしむるが，生長量に何らの影響を与えないことを示しおり，興味深いものがある。

従つて第2図に示すごとく，抽出葉長は低温処理の期間のみその増加速度がおくれるが，一度低温から離れると平常に戻ることがうかがわれ，生育初期の処理区は結果的



第2図　葉位別低温處理と主稈抽出葉長　（昭.30）

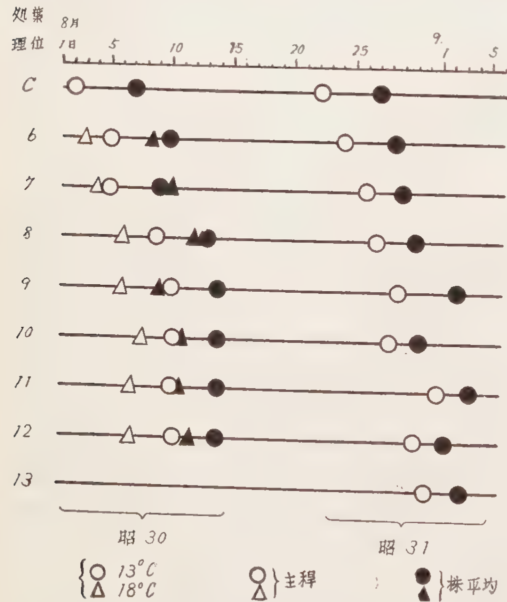


第3図　葉位別低温處理と生育のおくれ　（昭.31）
（處理終了時より本葉伸長終のまで日数の對標準區差）

には標準区と何ら差異が認められないが，後期の処理区では，この回復する時間的余裕がないために生育がおくれることになろう。

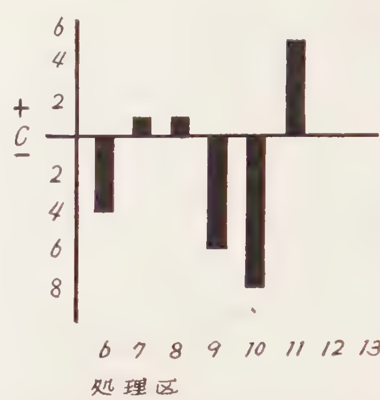
また第3図には昭和31年に測定した処理終了時より最終本終葉伸長終りまでの日数を示してあるが，この結果でも日数の長いのは生育後期の処理で，特に11葉位（n－2葉位）が最もおくれていることは前述の現象と合致している。

⑶　**出穂について**　研究を実施した両年は気象的には両極端の年にわたつているために，昭和31年は前年に比べて出穂は約20日のおくれを示した。しかし低温処理はいずれの区においても出穂遅延をもたらし，しかもその傾向はほぼ同じであるがただ昭和30年は区間差は少なく，昭和31年はその差が拡大されたといえよう。すなわち第4図に低温処理と出穂遅延の関係を示したごとく，9葉位以後の後期処理区が出穂の遅延を示す。最も出穂の遅延の著しいものは昭和31年の11葉位すなわちn－2葉位処理であり，この時期は丁度幼穂形成期に当るが，昭和30年では後期の処理区間ではほとんど差がみられない点が明らかな合致がみれなかつた。



第 4 図　葉位別低温處理と出穂との關係

⑷　**茎数の変化**　ポットに栽培した稲は後期に肥料切れの様相を示し，生育中の分けつの発現数に比べて収穫時の穂数は著しく少なく有効茎歩合はきわめて低くなる。従つて収穫時の穂数の調査結果をもつて生育特に茎数の様相を正しく把握することは困難な場合が多い。本研究においては以上の理由によつて，生育過程における分けつの発現をしらべることに点重をおいた。その結果を要約して第5図に示した。



第 5 図　葉位別低温處理と莖数の発現（対標準區差）（昭.31）

この図によれば標準区に比べ6，9および10葉は少なく，7，8および11葉は多く，12,13葉は差がない。6葉位処理では生育初期の若い下位分けつが抑制され，9，10葉位では高次，高節位の後期分けつが発生停止または枯死したために，著しい分けつ発現の減少をみたものと考えられ，7および8葉位では処理後の発生もあつて増加し，12および13葉位では既に分けつの発現が終つたために変化がないものと思考される。ただ11葉位の増加は個体差によるものかその原因は不明である。

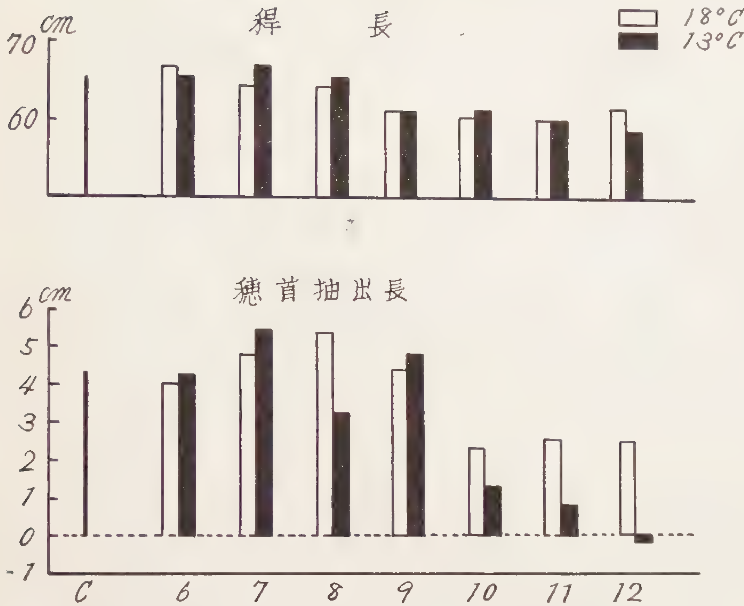
2.　成熟期の諸形質について

⑴　**稈長，穂長，および穂首抽出長**　これらの諸形質については昭和30年の結果を第6図に示してあるが，稈長は8葉位までの生育前半の処理区では標準区と大差なく，9葉位以降の生育後半の処理区が減少を示している。処理温度間でも極端な差はみられないが，13°C 処理が，むしろ前半の処理区ではわずかながら大きくただ最終本葉位処理区で明らかな減少を示している。
このことは稈長の伸長はその伸長時の温度などの条件によつて支配されることを示しているといえる。

穂長は稈長のごとき一定の傾向が明らかでなく，低温処理の影響も判然としない。また1穂穎花数と穂長との間でも一定の関係がみられなかつた。

穂首の最終本葉葉舌部からの抽出長は9葉位処理までは明らかな差は認められないが，10葉位以降急激な減少を示している。この時期の減少は13°C 処理ほど著しく，特に最終本葉位処理では穂首は葉舌部の内にあり，いわゆる“出すくみ”の様相を呈した。

⑵　**1穂当り穎花数**　1穂当り穎花数は昭和31年は全般的に前年度より著しい減少があつたが，第7図に示すごとく，主稈を対象としてみた場合に昭和30年には9葉位，昭和31年には10葉位処理より急激に減少を示し，それ以前の処理区では標準区に比べて大きく減少することは

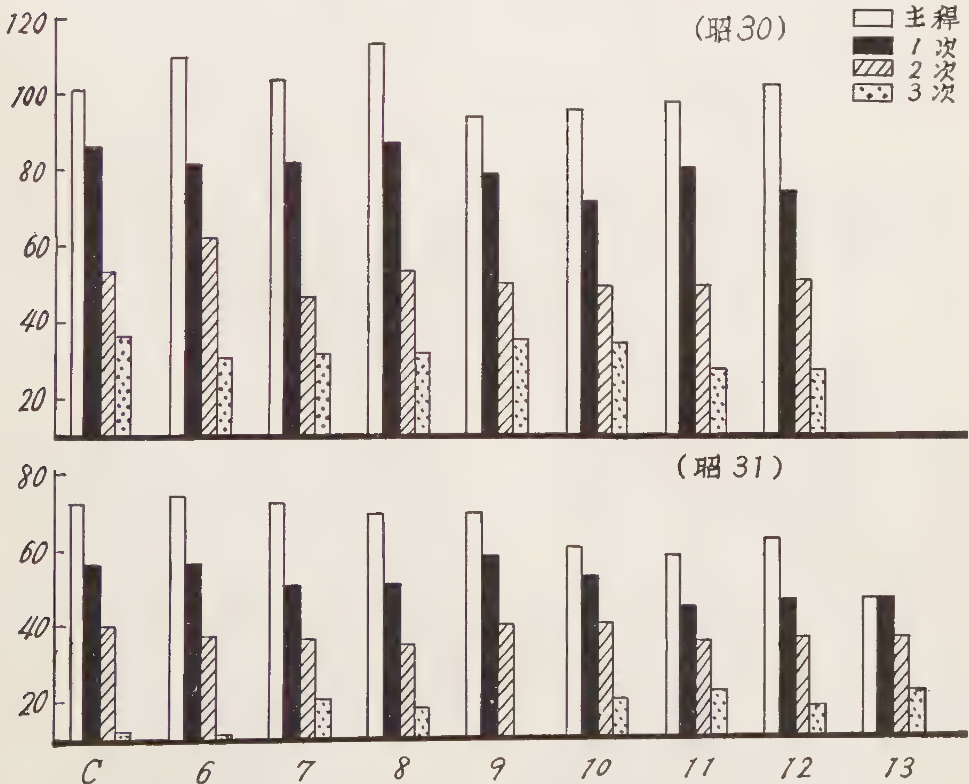


第6図　低温處理と主稈の稈長，及び穂首抽出長（昭.30）

ない。

すなわち両年を通じてn—3葉位以降の処理区より低下している。なお昭和31年の最終本葉の極端な一穂頴花数の減少は退化技梗および頴花のためであり，気象条件と低温処理両者の影響の重なつた結果であろうと考えている。第1次分けつにおいてはn—2葉位処理が最も減少しているが，第2および3次の分けつでは比較的大きな変化はみられない。高次分けつ穂の頴花数は，穂数または分けつ子発現数などにより支配されること多く，本研究の昭和31年の9および10葉位処理の第2次分けつの頴花数の増加も第3次および高節位の分けつ子の減少によるものと考えられる。

収穫後の調査における穂数の増減は各処理区共に大差なく，昭和30年



第7図　葉位別低温處理と平均1穂頴花数

第 5 表　葉位別低温処理と収量決定要素　（昭.30）　（13°C）

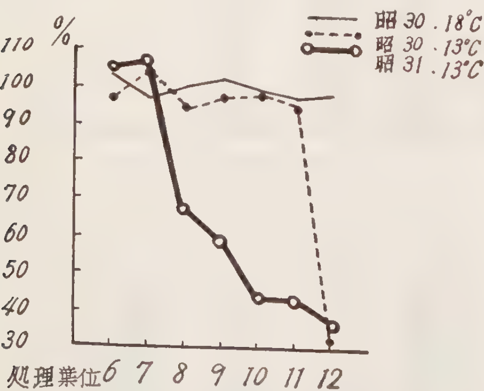
処理葉位	稔実歩合 (%) 主稈	分けつ穂 1次	2次	3次	株平均	1,000粒重 (g) 主稈	分けつ穂 1次	2次	3次	株平均
C	86.7	78.2	76.1	71.7	77.5	24.3	23.3	22.1	17.3	22.5
6	77.7	77.0	75.4	65.8	75.1	24.3	23.1	21.3	18.8	22.0
7	90.0	85.1	77.9	69.3	81.0	24.2	22.4	20.9	15.8	21.5
8	76.1	76.2	69.1	51.5	70.6	20.0	21.9	18.5	15.6	20.1
9	83.2	80.3	72.3	59.5	74.8	24.8	23.3	19.3	19.9	20.6
10	83.1	77.5	75.6	69.5	76.4	19.8	20.1	18.7	13.5	18.9
11	73.3	73.3	78.2	43.2	73.8	21.4	20.9	18.7	14.1	19.7
12	32.2	16.4	24.0	34.7	25.2	20.3	20.7	17.0	15.3	18.3

には最終本葉位処理が標準区に比し 1 本少なく，昭和31年ではまつたく同数であり，生育過程中の分けつ発現の様相と相当の差異がある。このことは前項にのべたごとく，低温処理の影響を把握出来ないものとなつた。

(3) **稔実歩合**　本研究の低温処理は主稈葉の抽出時を始めと定めたので，主稈の諸形質が低温処理の影響を認識する対象となるべきであるが，稔実歩合などの重要なものは実際的には全穂について云々される。従つて主稈のみならず全穂について稔実歩合その他を調査した。その結果は第 5 表および第 8 図に示してある。

この表で示されるごとく，主稈穂の稔実歩合は分けつ穂に比べ，いずれの処理区においても高くなつており，分けつ穂間では高次分けつのものほど低下している。

しかし，主稈と株平均値とではおおよそ平行的な関係がみられ，主稈の稔実歩合の多少で株全体を推定しうるものと考えられる。



第 8 図　葉位別低温處理と稔実歩合

昭和31年は低温寡照の連続のため全区について稔実歩合は著しく低下した。従つて標準区に対する百分比で第 8 図のごとく両年の比較を行つた。昭和30年においては 18 °C 処理では各区ともほとんど差はみられないが，13°C 処理では最終本葉処理のみが著しい減少を示している。これは第 5 表に明らかなごとく全穂につき稔実歩合の低下があり，特に高次分けつ穂の低下が著しい。昭和31年度の傾向は前年度と異なり，7 葉位以降，生育後期の処理ほど稔実歩合は低下し，最終本葉位処理区は完全不稔となつた。最終本葉位の処理期間には減数分裂の時期も含まれるので，昭和30年の結果は従来の諸研究の結果と合致するが，この昭31和年の結果は従来みられない結果となつた。これは処理前後の気象条件と低温処理とが相加的に働いているもの考えられきわめて興味深いものである。

(4) **籾 1,000 粒重**　昭和31年は極端に不稔粒の発現があつたために本形質については，昭和30年の未調整籾 1,000 粒重を第 5 表に併記したが，株内では各区共に主稈が最も重く，高次分けつほど低下して，この傾向は同表の稔実歩合と同様な傾向を示している。

処理各区については生育後期のものほど株平均1,000粒重は低下するが。10葉位（n－2 葉位）処理からその傾向明らかとなり，最終本葉位処理が最も著しい。これは主稈，分けつ稈いずれも同様であるが，出穂以後の気象条件がほとんど同じく良好であることから，稔実歩合を低下させる要因と相異することはないと考えられるが今後さらに検討したい。

(5) **収　量**　本報には特に収量に関する結果を表示しなかつたが，この様な低温処理を行つた場合の収量の変化は稔実歩合によつて支配され稔実歩合とまつたく同様の傾向を示した。

これは両年および処理温度共に同様である。

IV　考察および論議

本研究は既にしばしばのべたごとく気象条件の良悪両極端な 2 年にわたつて実施したものであるが，生育などに

およぼす影響はおおよそ同一の傾向を示し，むしろ昭和31年は低温処理の影響が拡大されたと見なしたい。以下2，3の項目について考察を行う。

2） 生育について

従来生育の変化を比較する場合に草丈，葉数をもつてすることが多いが，本研究では伸長量，速度を詳細にするために葉の伸長あるいは出葉間隔などを測定した。

先ず興味深い問題点は各葉の出葉進度が，低温処理をうけた期間のみおくれを示し，一度低温から離れたときは正常に戻ること，また葉身長すなわち葉の絶対的生長量がこの程度の温度ではまつたく減少しない。すなわち低温処理の後作用が全然みられないことである。従つて生育初期の処理のみであれば，その後の気象条件によつて正常に戻りまた生育後期であれば，回復の余裕が期間的にないことになるが，この程度の温度であれば栄養生長の絶対量はむしろ増加させることになることを示しているとも考えられる。

低温処理によつて最も葉の伸長のおくれる葉位は生育後半になるが，出穂期の遅延の様相とは多少異なつていて生育阻害に対する低温の働きが相違がみられるようである。このことはしかし出穂が生殖生長期間に入つた後の稈の伸長特に節間伸長速度が大きく関与していることを想うとき，葉の伸長と稈のそれとの質的相違に基づくものであり，まつたく同一視すべきではないと判断するものである。この点については今後さらに追究すべき点であろう。

出穂期の遅延については昭和31年度における結果は高杉，寺尾ら，近藤らなどの従来の諸研究の結果とほぼ一致し幼穂形成期の低温処理によつて出穂遅延を示すことを示しているが，昭和30年の場合は9葉以降はとんど大差なく同一である。このような相違は前の葉の伸長の場合と同様にその年の気象条件によつて変動があることを示しているのであろう。

低温処理により茎数の発現が減少した葉位は6，9および10葉位であつたが，6葉位は未だ分けつ開始間もない時期であり，生育初期の分けつ子の出現が低温によつて抑制されたものと推定されるが，これは高杉の研究結果と相似ている。9および10葉位の減少は明らかに高次あるいは高節位の分けつの発育阻害によるものであるが，この現象は高杉の研究結果とは一致していない。これは供試品種の相違(高杉の供試品種は「坊主」であり，筆者らは多けつ型の「栄光」であること）によるとも考えられるけれども，この処理時期が最高分けつ期に近い時期であることから，この時期は分けつ数確保に重大な影響をもたらす時期であるといえよう。

収穫後における稈長および穂首抽出長が9葉以降，すなわち生殖生長期に入るに従い減少することは高杉の研究結果よりもむしろ榎本らの結果に近似している。稈の長短は節間の長短によるものであるから，生殖生長期各時期の低温によつて節間伸長が抑制されるために生育後期の処理により稈長が短小になると考えるのが妥当であろう。穂首の抽出長が気象条件によつて変動することは，北海道のごとき寒冷地では実際によくみられる現象であるが，本実験によつて稈長同様に生育後期の低温処理によつて著しく減少することが明らかになつた。穂首の抽出状況が，生育の正常性を判断する1指標になしうるものと考えられる。従つてこれと他の諸形質との関係，特に稔実歩合との関係はきわめて重要なものであるが，目下検討中であり，充分な結果が得られていないので本報においては省略し，後日報告したい。

2） 収量構成要素について

1穂当り頴花数は収量支配の重大要素の一つであつて，各種外的要因によつて容易に変動しやすい。本研究のごとく一定期間の低温処理によつて両年共生育後半期の処理において減少がみられることは，松島(1957)のいうごく頴花数は発生頴花数と退化頴花数によつて決定されるものであるから当然のことであるが，両年共最も減少した処理葉位がn－2，およびn－3葉位であることは，この時期が頴花分化期，技梗分化期なども含まれているので，従来の寺尾らなどの研究結果と同一であり，この時期の重要性を確認した。

稔実歩合は最も重要な収量決定要素であるために，従来からもこれに関しては詳細な研究がきわめて多い。

昭和30年の13°C処理の最終本葉位処理のみ極端な稔実歩合の低下を来し，他はほとんど影響のなかつたことは減数分裂の時期もこの処理時期に含まれているので，従来の諸研究とまつたく一致するものである。なお18°C処理で全処理区共，ほとんど影響をうけてないことは，供試した品種がいわゆる耐冷性中の品種であるが，他の諸研究の供試品種，例えば「陸羽132号」などに比べて耐冷性が強いことが一理由となろうが，さらに昭和30年の気象条件が良好であつたことも一つの大きな要因と考えられる。

ここでさらに重要なことは昭和31年の実験において処理が生育後期になるに従い著しく稔実歩合の低下したことである。このごとき結果は未だ他の諸研究の中にはみることが出来ない。

昭和31年は前にのべたごとく，6月より8月にわたり長期に連続的に低温寡照であつたために，処理前後の時期の気象条件と低温処理そのものが全く別個のものでなく，相加的に稲に影響をおよぼしたこと，また不良条件下で生育した稲が体内的な窒素過剰など，低温抵抗性を失うごと

き状態であるなどが一つの原因であろうと筆者らは推定を下している。従つてこの問題を重視し，低温による不稔粒の発生を，低温遭遇時の稲の体質的な見地から追究すべくその後の研究をすすめている。

未調整籾 1,000 粒重はその低下は稔実歩合と同様な関係にあることを前にのべたが，最も減少する処理区である最終本葉位の時期は頴花伸長期にも当つていて，この時期はまた頴花の大さの決定する時期ともいわれている（松島 1957）点を考えると，この 1,000 粒重の減少は頴花の大きさによつていることも考えられるが，不稔粒を多発せしめるごとき，体内生理状態がまた粒の充実にも影響をおよぼしているという点も推定される。このことは大きな研究の一課題として今後の研究をまちたい。

以上のべたごとく栄養および生殖生長の各時期にわたり本実験のごとく 1 週間程度の低温を与えた時に生長および収量構成要素に影響を与える時期は，極生育初期と後期であり，分けつ中期などの中間的な時期では被害は少ない。幼穂形成期以後，特に減数分裂を含む時期は稔実歩合を低下し，収量に最も影響を与える時期といえよう。しかしながら，出穂期，稔実歩合にみられるごとく処理前後の気象条件で各形質の影響される度合が変動することは，この影響のある時期を固定的に考えることの危険性を示しているものであり，低温遭遇時の各種条件も大きな要因として考慮に入れなければ実際に起る現象の判断を誤まることがあることを強調したい。

V 摘 要

昭和30，31の 2 カ年にわたり，各葉位抽出時に 1 週間の低温処理を行い，その稲におよぼす影響をしらべた。昭和30年は天候の良好な年であり，昭和31年は極端な冷凶年であつた。その結果を要約すると次のごとくである。

1. 葉の伸長速度は低温処理時期のみおくれ低温処理からはなれると正常の状態となる。また葉身長は低温処理によつて減少することがない。従つて抽出葉長も同様な傾向を示し，生育初期の処理は処理時期のみおくれるが，後に回復して標準と差なくなるが，生育後期の処理は回復の期間的余裕がないことになる。

2. 葉の伸長が最もおれる時期はｎ—２，ｎ—１葉位などで，出穂の遅延はｎ—２葉で若干のずれがある。また出穂の遅延も生育後期処理では大差ない。

3. 低温による分けつ発現の抑制は，生育初期およびｎ—３，ｎ—２葉位であつて弱小分けつの発生および発育阻害による。

4. 稈長および穂首抽出長は最終本葉位処理区が最も減少する。

5. 1 穂頴花数の減少はｎ—２葉位処理で最も著しい。

6. 稔実歩合は良好年では 18°C 処理ではほとんど影響されないが，13°C では最終本葉位処理のみ極端に低下する。天候不良年では生育後期処理になるに従い漸減する。また未調整籾 1,000 粒重は 13°C 処理で最終本葉位処理が最も低下すが，実歩合の低下と一致する。

7. 以上の結果から，低温処理によつて稲におよぼす影響の最も大きな時期は，稔実低下をもたらす減数分裂期を含む生育後期であるが，生育の初期には分けつの発現が阻害される。最も影響の少いのは栄養生長中期である。

参 考 文 献

1. 榎本中衛・人見芳夫 1942：低温処理の水稲生育に対する影響について 農業及園藝 17巻 10号 1229～1234
2. 柿崎洋一・木戸三夫 1938：水稲の穂の生育過程上低温による稔実障礙を來し易き時期 農業及園藝 13巻 1号 59～62
3. 福家豊・近藤頼己 1939：水稲の冷害現象に関する実験的研究（第 1 報）寡照低温による生育障礙，特に稔実籾数の減少機構に就て 農業及園藝 14巻 9号 2049～2060，10号 2261～2269
4. 近藤頼己 1943：同上（第 4 報）幼穂の寡照低温による稔実障害に就いて 農業及園藝 18巻 7号 710～714
5. ―――― 1952：水稲品種の冷害抵抗性に関する生理学的研究 農業技術研究所報告 D 3号 113～228
6. 松島省三 1957：水稲收量の成立と予察に關する作物学的研究 農業技術研究所報告 D 5号 1～271
7. 高杉成道，1938：生育各期に於ける一定低温が水稲に及ぼす影響について 農業及園藝 13巻 4号 965～972
8. 寺尾博・大谷義雄・白木実・山崎正枝 1940： 水稲冷害の生理学的研究（予報）〔II〕 幼穂発育上の各期に於ける低温障害 日本作物学会紀事 12巻 3号 177～201
9. ――――・――――・土井彌太郎・泉清一 1942：同上〔VIII〕 挿秧より出穂に至る各期よりの各種低温の各穂分化，出穂稔実に及ぼす影響 日本作物学会紀事 13巻 3～4号 317～336

Résumé

These studies were carried out during 1955 and 1956 in order to clear the influences of the low-temperature upon the growth and the fertility of rice plants. The lowtemperature treatment was performed with the emergence of each leaf during

a week from the 6 th leaf-stage to the last leaf-stgge. The degree of treating temperature was 13°C and 18°C.

Results obtained are as follows :

1) The elongation of each leaf is retarded only when the lowtemperature treatment is done, but is normal when rice plants are free from the low temperature.

2) Therefore the retardation of growth of rice plants in early stages caused by the low temperature can be recovered from ultimately as well as is forms in normal plants.

3) The heading is retarded and the number of spikelets decreases mostly usually as a result of lowtemperature treatment in n-2th leaf-stage. This stage includes the primodial stage of young ear.

4) The tillering is decreased by the low temperature in early growth stage (6 th-leaf stage) and n-3 or n-2 th leaf one, owing to the damage to very young tillers.

5) The length of column is shortened usually by low temperature suffered by treatment in last leaf stage ; the fertility and weight of grains decrease also in this stage in which meiosis stage is included.

6) Therefore, from results discribed above, the growth stage in which rice plants are affected by the low temperature treatment is the later one. Especially rice plants arecaused to fail to produce most severely by the low temperature treatment in the last leaf-stage.

甜菜の光合成に関する研究

――測定装置について――

大　島　栄　司*

STUDIES ON THE PHOTOSYNTHESIS OF SUGAR BEET PLANTS
――ON THE APPARATUS FOR CONTINUOUS MEASURING OF CO_2 ASSIMILATION――

By Eiji ŌSHIMA

緒　　　　言

作物の収量において光合成の果す役割はきめて大きい。然しながら光合成の研究は古く単細胞および水性植物を材料として WARBURG の検圧計を使用して行われて来た。1920年代より LUNDEGARDE, HEINICKE と HOFFMAN らにより高等植物の切離された葉，また自然状態にある1枚の葉について研究がなされたが，以上の方法はいずれも農学的な見地からすれば，試験結果はきわめて部分的であり，植物または作物の生産量を問題にするには不満足である。1937年に THOMAS が NaOH 中に CO_2 が吸収され，NaOH と Na_2CO_3 が生じ，これの割合によつて電気伝導度が異なる原理を利用した CO_2 測定法を始めるにおよび圃場状態のままの作物の同化，呼吸が測定可能となり，光合成研究は一大進歩を遂げた。

最近東大の戸苅教授，武田助教授，農技研の山田登氏松島省三氏らによつて電気伝導度，滴定法を利用した水稲の炭酸同化の研究がなされつつある。甜菜研究室においても甜菜の栽培法改善，品種育成などを考えた時に生理的な光合成の面よりの研究が必要と認められ昭和29年秋より光合成の研究に着手した。

光合成の研究に当りまず測定法が問題になり，その方法いかんによつては研究目的の結果が左右されるので方法については慎重を期した。光合成測定には従来より炭水化物の定量，O_2 の変化の定量，CO_2 の変化の定量の 3 方法があるが，正確かつ迅速に分析の出来る方法としては，CO_2 の植物体による固定量を測定する方法である。CO_2 分析定量法としては滴定分析法，電気伝導度法，赤外線吸収法がそれぞれの研究者により採用されているが，いずれの方法にも特質があり研究目的，測定対象物，研究の規模，設備費などの理由により，いずれの方法を用いるかは限定される。著者は測定対象物として一個体のままを使用し，継続的に測定を実施しかつ相当の精度を必要とするので電気伝導度法を採用した。昭和29年秋より測定装置の組立てを始め翌年には本装置による測定の可否を検討したが，その結果は次のごとくである。

1.　測定装置の概要

測定装置は通風部と測定部に2大別出来る。前者は空気冷却用冷凍機，ブロワー，オリフィス，同化箱から成り，後者は試料空気採取シリンダー，電極吸収管，恒温槽，ガスメーター，圧力調整用水柱，万能ブリッヂおよび排気ポンプである。まずこれら器具の使用目的について簡単に説明する。

1)　冷凍機およびブロワー　試料作物を同化箱内に入れた場合に，輻射熱により内部温度は上昇するが，冷凍機により送風空気は低温となり温度上昇を防ぐ事が出来る。ブロワーは冷空気を同化箱に送り込むものである。

2)　オリフィス　同化量測定には箱内に単位時間に一定量の空気を送る必要があり，オリフィスにより送入空気量は一定となる。

3)　同　化　箱　50×50×100cmの枠にビニールフィルムを張つたもので，上部に空気の入口があり冷空気はこれより入る。なお冷空気は必ず上部に一度衝に突し，ついで下降するごとくにしてあり死角の生じないように留意した

*　作物部　てん菜研究室

4）シリンター　引抜き鋼管の内面を出来るだけ平滑にし，内部にピストンを取付け電動機にて30秒間に1往復なさしめる。カム機構により1対のシリンダーを交互に働かせ 10 分間に約5,700cc の空気を採取し，電極吸収管に送る。

5）電極吸収管　長さ約 30cm，直径 3cm の硝子円筒の底に NO. 3 の硝子フィルターを焼付け，CO_2-free の条件にて 50cc の稀 NaOH 溶液を注入および排出するごとくにしてある。NaOH 溶液中に浸るごとく白金電極を挿入してあり NaOH溶液の電気伝導度を測定する。

6）ガスメーター　湿式実験用ガスメーターを用いているが，電極吸収管を通過した空気量を正確に測定する。

7）恒　温　槽　電気伝導度（抵抗）の測定には一定温度である事が必要条件であるため恒温槽を必要とする。

8）圧力調整用水柱　測定装置に空気を流している際に，各部分における空気圧の差が大きければ測定精度は低下する事になる。シリンダーにて多少加圧されて流れる空気流を一定の引圧で排気しかつ各測定器具内の空気圧を常に一定にし，大気圧との差を出来るだけ少なくしようとするためのものである。

9）万能ブリツヂ　NaOH 溶液の電気伝導度（抵抗）をオツシレーターにて発振し（1000サイクル/秒），伝導度(抵抗)を求める。

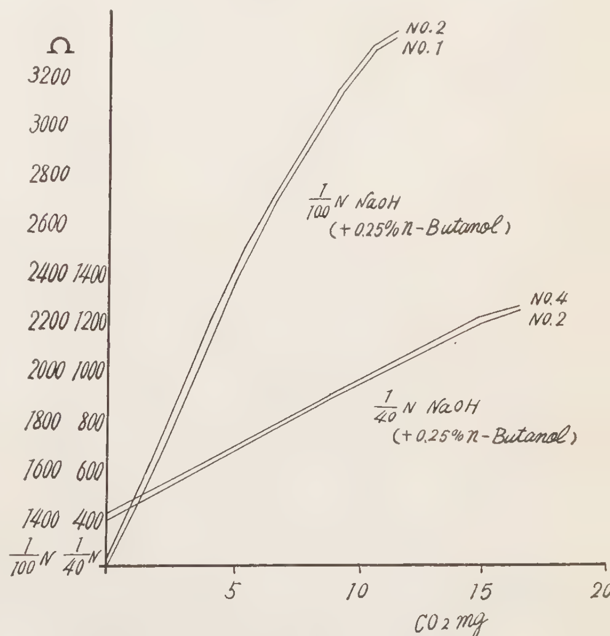
2. 測　定　操　作

最初に冷凍機およびブロワーを働かし，冷空気を同化箱へ毎分 150 l 流しておく。測定時には同化箱より排出される空気を排出の途中からシリンダーを駆動させる事により毎分 570cc の割にて試料空気を採取し，電極吸収管へ送り込む。電極吸収管内を通過する空気流は底部の硝子フイルターにより微細な気泡となり，さらに NaOH 溶液（0.25％n-Butanol 含有）中の n-Butanol によつて溶液全体は完全な気泡状態となる。空気流は NaOH と完全に混合接触し，含有 CO_2 は NaOH 溶液に全部吸収される。吸収管を通過した空気流は真空ポンプによる吸引力とシリンダーによる送圧とにより円滑にガスメーターおよび圧力調整用水柱を通過し排出される。ただし真空ポンプによる吸引力は途中において吸引力を減少させる操作を加え，水柱の差 3cm 程度にする。これ以上また以下の場合において本装置ではガスメーターの読みに誤差を生じさせる。

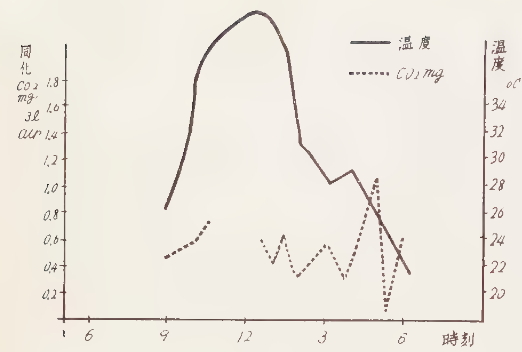
以上のごとくにして一定時間試料空気のCO_2をNaOHに吸収させた後，測定部のみ作動を止め吸収管内の気泡の消失するをまつて溶液の電気伝導度（抵抗）を測定する。NaOH 溶液に CO_2 が吸収され Na_2CO_3 を生じ，NaOH と Na_2CO_3 の混合溶液となる事によつて抵抗は逐次積算的に増加するが，この抵抗を求め，抵抗に対応する CO_2 のmg 数を求める。すなわち測定開始前の抵抗の CO_2 mg 数と終了後の CO_2 mg 数の差が，その測定時に吸収された CO_2 mg 数となる。測定には必ず盲験（空気のみ）と測定試料を通過した空気を同時に測定する事が必要で，この両者の差が同化 CO_2 mg 数となる。従つて測定実験には最小限2本の吸収管，2対のシリンダーを必要とする。

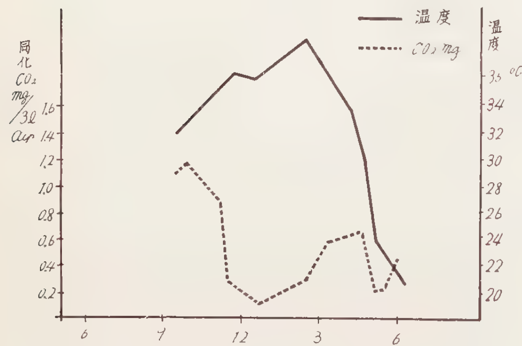
3. 検　量　曲　線

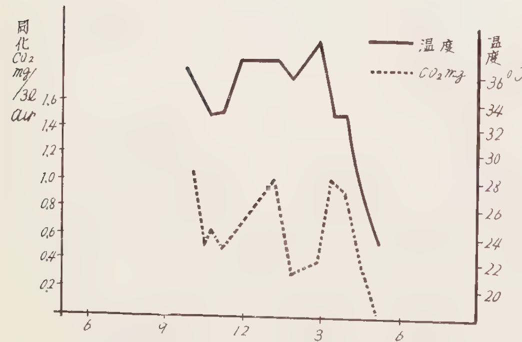
前述のごとく抵抗（または伝導度）と CO_2 mg数とを対応させ CO_2 mg 数を求めるが，あらかじめ抵抗値(また伝導度）と吸収 CO_2 mg 数との一定温度における関係を示す検量曲線を各電極吸収管について求めて置けばよい。抵抗値と NaOH 濃度との関係は NaOH 濃度の低いほどCO_2 吸収量は少ないが吸収による抵抗の差は甚しい。すなわち対象作物の大きさ，また測定精度を高くするかによつて NaOH 濃度を調節するのである。著者は実際に N/40 NaOH～N/100 NaOH 溶液を使用した。白金電極は白金黒を渡金する事によつて表面積が増加し測定精度が高まるので，必ず白金黒を渡金する事が必要である。N/100 NaOH およびN/40 NaOH の抵抗と CO_2mg数との関係を図示すると第1図のごとくである。

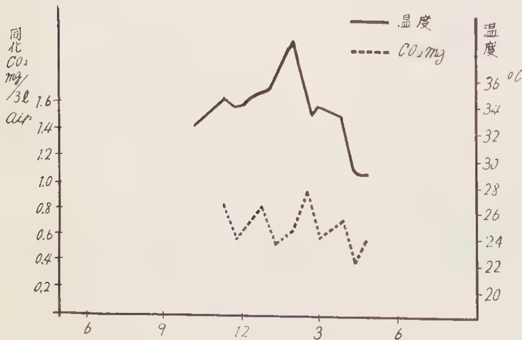


第1図　検　量　曲　線

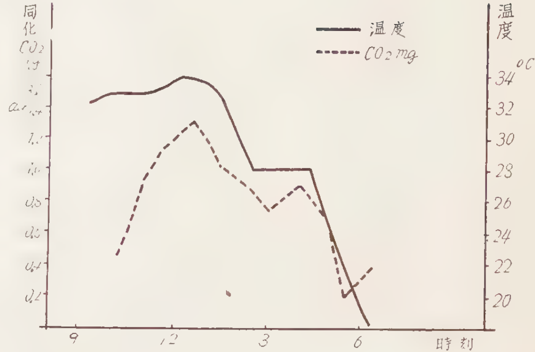


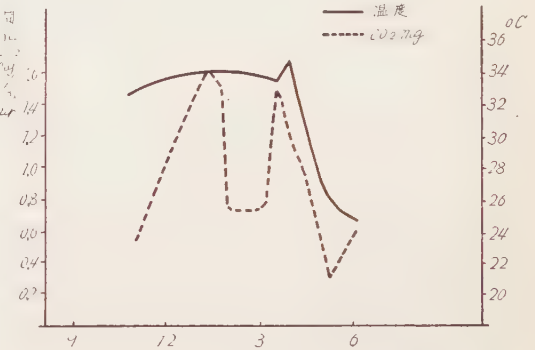


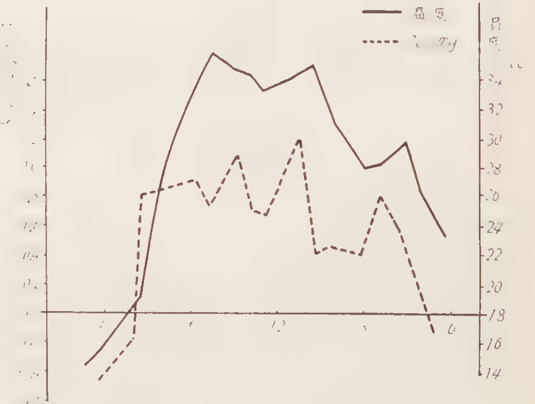


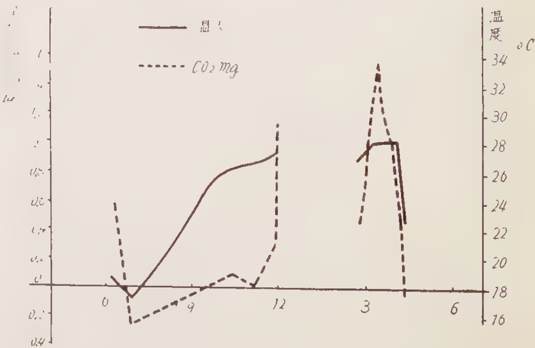


第 2 図 甜 菜（「GW 359」1個体/ポット）









第 3 図 水 稲（「栄光」6 本植/ポット）

4. 予備測定実験例

甜菜および水稲を2万分の1のワグナーポットに栽培し，同化量および同化箱内温度につき測定を行い，測定精度および内部温度などの測定結果について検討した。

1) 甜　菜: 1ポット当り1個体を栽培せるものを供試した。結果は第2図に示すごとくである。

2) 水　稲: 1ポット当り6本植のものを供試した。結果は第3図に示すごとくである。

5. 考　　　察

測定結果から判断するに本装置にて CO_2 mg については測定する事が充分可能であり，かつ精度も高く結果の判定に支障の無い事が判つた。

温度上昇の防止の点については，冷凍機内のブラインの冷却による空気の間接冷却では不充分である。夏季の輻射熱のはなはだしい時に甜菜では 36〜38°C 程度となり，正常な測定は不可能であり，同化測定の致命的欠陥ともいえる。水稲では甜菜ほどには温度上昇は認められなかつたが，32〜34°C となり外気温に比較すれば数度高く良好な測定条件とはいい難い。

測定を可能ならしめるために温度上昇の防止策として考慮された事は次のごとくである。ポット使用時には少量の水道水をかけ流す事であり，これにより温度は充分調節し得る事である。圃場状態の作物の測定には冷凍機に直接空気を冷却し得るようなフィンを増設する事により温度を下げうる事が判つた。

これらの予備試験の結果では甜菜，水稲などの同化量について考察する事は不可能であるが，冷却設備を考慮する事により作物の同化作用を調査する事は充分可能である事が認められた。

終りにのぞみ本装置組立について終始御指導を頂いた細川前てん菜研究室長，島崎作物第1研究室長並びに装置の細部につき助言を下さつた東京大学武田友四郎助教授，農技研山田登氏，松島省三氏に厚く感謝の意を表する次第であります。

参　考　文　献

1) Heinicke A. J. and M. D. Hoffman 1933: An apparatus for determining the absorption of carbon dioxide by leaves under natural conditions. Science. 77. 55〜58.

2) Lundegarde H. 1933: Die Nahrstoffaufnahme der Pflanzen. Jena.

3) 松島省三・山口俊二・岡部俊 1955: 水稲収量予察の作物学的研究（予報）XⅡ，XⅢ，XⅤ 戸外の全植物体を対象とした水稲の炭素同化作用 日・作・紀., 23. 192〜197.

4) Thomas M. D. 1933: Precise automatic apparatus for continuous determination of carbon dioxide in air. Ind. Eng. Chem., Anal. Ed., 5. 193〜198.

5) ―――― and G. R. Hill 1937: The continuous measurement of photosynthesis, respiration and transpiration of alfalfa and wheat growing under field conditions. Plant Phisiol., 12. 285〜307.

6) ―――― · ―――― and R. H. Hendricks 1944: Appearent equilibrium between photosynthesis and respiration in an unrenewed atmosphar. Plant Phisiol., 19. 370〜376.

7) ―――― · ―――― 1949: Photosynthesis under field conditions. in Frank,J. and Loomis, E. W. Photosynthesis in plants. Iowa.

8) 戸苅義次・武田友四郎・丸田宏 1955: 作物の瓦斯代謝作用に關する研究 I 作物の瓦斯代謝作用の継続的測定装置について II 水稲の発育に伴う同化，呼吸量の消長 日・作・紀.,23. 207〜213.

9) Verduin J. and W. E. Loomis 1944: Absorption of carbon dioxide by maize. Plant Phisiol., 19. 278〜283.

10) Yamada N., Y. Murata, A. Osada and J. Iyama 1955: Photosynthesis of Rice plant. 日・作・紀., 23. 214〜222.

11) 山田登・村田吉男 1951: 作物の呼吸作用測定装置及びその2，3の実験結果 日・作・紀., 19. 227〜230.

Summary

In 1954〜1955, The author devised an apparatus for continuous measuring of CO_2 assimilation. This apparatus consisted of several instruments. These were a refrigator, a blower, orifices, assimilation chambers, air sampling cylinders, absorbers, gas meters and an impedance bridge.

Each instrument had the following functions.

1) The refrigator and blower supplied cool air to each assimilation chamber.

2) Air sampling cylinders.

A pair of cylinders was driven alternately atintervals of 30 seconds by a motor, ca 280 cc air/min. were sampled and air was sent to absorbers.

3) Absorbers and Pt electrodes.

An electrode was inserted in each absorber. A sintered glass disc (NO. 3) was fixed at the bottom of absorber.50cc N/40 NaOH—N/100 NaOH solution (contained 0.25% n-Butanol) was poured into each absorberat CO^{2}-free condition. The air stream delivered to each absorber by cylinder was broken up into fine bubbles. After bubbles vanished completely, CO_2 contained in NaOH solution was determined by electrical conductivity of NaOH solution with the help of the impedance bridge. The amount of CO_2 caught by NaOH solution could be read from the difference of conductivity on the calibration curve of the NaOH solution.

Assimilated CO_2 was estimated by the difference of absorbed CO_2 between control and treatment.

4) Gas meters.

The volume of sample air was measured exactly by gas meters.

ほうれん草の採種に関する研究

(3) 生育，開花におよぼす長日ならびにその他環境条件の影響

花岡　保*・伊藤和夫*

STUDIES ON THE PRODUCTION OF SEED IN SPINACH

(3) EFFECTS OF LONG DAY AND THE OTHER ENVIRONMENTAL FACTORS ON GROWTH AND FLOWERING IN SPINACH

By Tamotsu HANAOKA and Kazuo ITO

緒　　言

ほうれん草は長日植物として知られているが，晩抽型品種の採種に当り，長日処理ならびに温度処理が開花，結実に多くの影響を与えることについては既に2，3の点[3), 4)]につき報告した。しかして先に考察した長日の影響は，作物の生育全期間に継続して行つた処理についてであつたが，長日と生育時期との関連に関しての詳細は従来ＬＬ植物に属すること[2)]以外に余り知られていない。本文では主として晩抽型品種を供用して1954年に行つた長日処理期ならびに播種期を移動した場合の実験結果につき報告する。

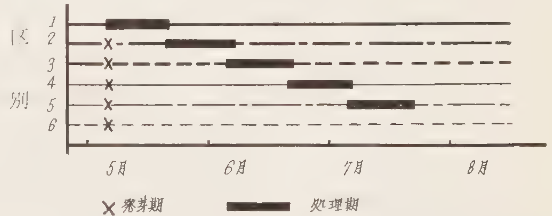
実　験　方　法

〔実験Ｉ〕　長日期の移動に関する実験

当地方における春季のほうれん草の播種は，特殊地帯[3)]を除き融雪などの関係から４月下旬が適期と思われるので4月20日に直径８寸の素焼鉢に1鉢20粒あてを散播した。発芽は５月始めから行われ，各ポットともに５月５日には発芽期に達したので，適宜１鉢15株に間引の上長日処理を施した。長日処理は電灯照明として60W電球を植物上方約１ｍより夜間に照射し，処理期間は15日として，処理期間を移動したがその区別は次の通りである（第１図参照）。

処理区番号	処理区別	処理期間
1	５月前半処理区	５月５日～20日
2	５月後半処理区	５月21日～６月４日
3	６月前半処理区	６月５日～６月20日
4	６月後半処理区	６月21日～７月５日
5	７月前半処理区	７月６日～７月20日
6	無処理対照区	自然環境

区制は１区３鉢とし，花房分化の調査[4)]のため適時**に間引いた苗を用い，最後に鉢当り５株を残して抽苔，開花を観察した後，調査を一応打切つた。なお処理に当り電灯照明のため若干気温の上昇が認められたが実験はほぼ順調に進捗した。供用品種は晩抽型に属するデンマーク産輸入種子「キングオブデンマーク」（雪印種苗より入手）を使用した。



第１図　各試験区における長日処理の時期

〔実験 II〕　播種期の移動に関する実験

播種期を移動した場合における環境条件の差異（第２図）が抽苔，開花におよぼす影響について調査するため，前報に準じて５月11日から15日ごとに８月25日まで，播種期を８回変え標準耕種法で圃場比較した。

---

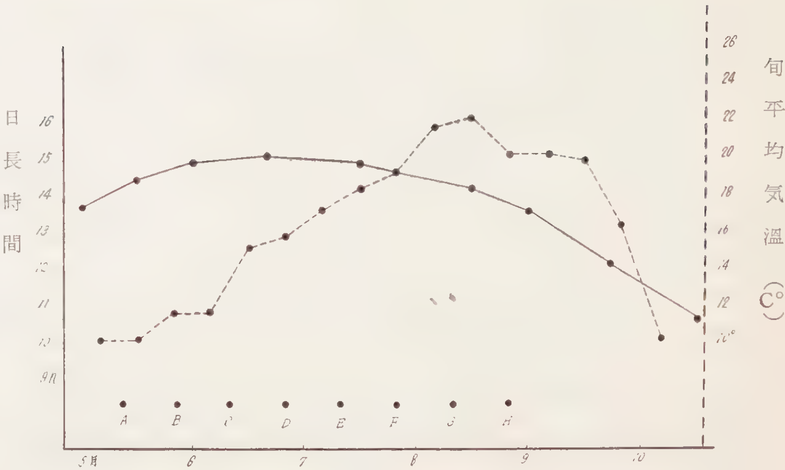
*　作物部　園藝作物研究室

**　5日毎に調査したが，その中間にも少数株で行つた。

区別	播種期日	区別	播種期日
A	5月11日（V-11）	E	7月10日（VII-10）
B	5月26日（V-26）	F	7月25日（VII-25）
C	6月10日（VI-10）	G	8月10日（VIII-10）
D	6月25日（VI-25）	H	8月25日（VIII-25）

供用品種は次の3品種で，成績は略号をもつて示し，なお調査は開花直前で終りとした。

番号	品　種　名	略号
1	キング オブ デンマーク	K.
2	札幌大葉	S.
3	治郎丸	J.



第 2 図　播種期を移動した場合の自然日長と気温の推移

第 1 表　花 房 分 化 状 況

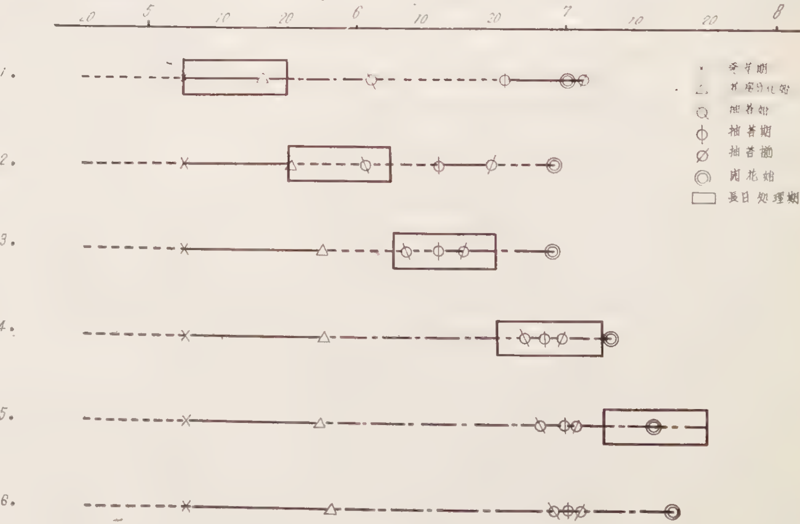
処理期別 ＼ 項目	5月15日 分化株	5月15日 未分化株	5月18日 分化株	5月18日 未分化株	5月18日 茎部伸長株	5月20日 分化株	5月20日 未分化株	5月20日 茎部伸長株	5月20日 花茎（mm）	5月25日 分化株	5月25日 未分化株	5月25日 茎部伸長株	5月25日 花茎（mm）	5月30日 分化株	5月30日 未分化株	5月30日 茎部伸長株	5月30日 花茎（mm）	6月4日 分化株	6月4日 未分化株	6月4日 茎部伸長株	6月4日 花茎（mm）	茎部長（cm）
1. 5月前半処理区	0	3	3	0	2	3	0	3	(0.04 ×0.045)	3	0	3	(0.30×0.35)	3	0	3	(0.40×0.45)	3	0	3	(1.10×1.10)	1.28
2. 5月後半処理区	0	3	0	3	0	0	3	0	(0.022×0.018)	3	0	2	(0.32×0.33)	3	0	3	(0.45×0.50)	3	0	3	(1.40×1.20)	2.85
3. 4. 5. 6. 6月以降半月処理区（無処理）	0	12	0	12	0	0	12	0	(0.022×0.018)	4	8	0	(0.23×0.21)	10	2	1	(0.27×0.20)	12	0	12	(0.60×0.80)	0.38

実験成績

(1) 長日期の移動に関する実験

4月20日に播種した「キング オブ デンマーク」の発芽，ならびに幼植物の花房分化の状況は第1図，および第1表のとおりであるが，発芽期はおおむね5月5日ころで，第1区の処理はこの発芽期から開始された。

処理前の自然環境で花房分化の徴候を認めた第3，4，5，6区においては，発芽期後約20日を経過した5月25日前後が花房分化期と推定できたが，他方第



第 3 図　花房分化ならびに抽苔の状況

第2表　抽苔及び開花期

処理期別＼項目	抽苔月日				開花始
	抽苔始	抽苔期	抽苔揃	始より揃までの期間（日）	
1.　5月前半処理区	6. 2	6.21	7. 2	30	7. 2
2.　5月後半処理区	6. 1	6.12	6.19	19	6.28
3.　6月前半処理区	6. 7	6.11	6.15	8	6.28
4.　6月後半処理区	6.24	6.27	6.29	6	7. 2
5.　7月前半処理区	6.26	6.29	7. 1	6	7.12
6.　無処理区	6.28	6.30	7. 1	4	7.15

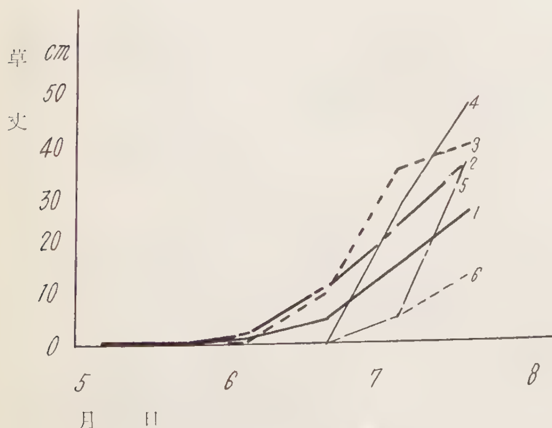
1区は5月16日が花房分化始と認められ，この間約10日の促進がみられた。また第2区は5月21日から長日処理が行われたため5月22日あるいは23日が分化始と推定された。

しかして分化株はその後の花房発育期において花茎伸長が見られ，花房の発育には長日処理の影響が顕著に認められた。

抽苔は肉眼で茎部の伸長の明瞭に認められる時期* で決定したが，その大要は第3図，ならびに第2表のとおりである。

自然環境条件下で抽苔の認められた第5，第6区は抽苔期がおおむね6月終ころであるが，その他の長日処理区では抽苔，開花が促進した。

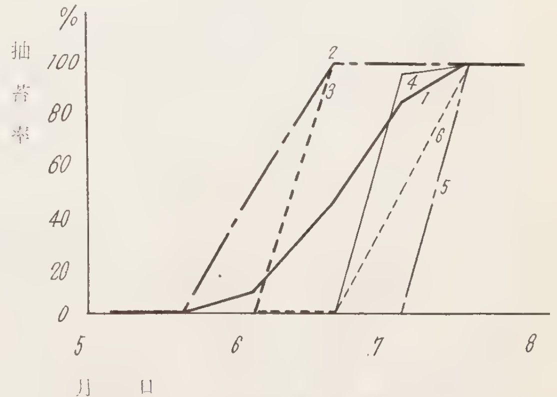
すなわち第3，第2区は抽苔期が2旬近く早く，また抽苔始から揃までの期間も第1区に比べ短かつた。草丈（第4図）において第2，第3区は6月下，7月上旬に顕著に高くなり，また抽苔率（第5図）は上記2区が月中旬においてすでに100％の比率を示し，抽苔につき同一の区間差異が明らかに認められた。



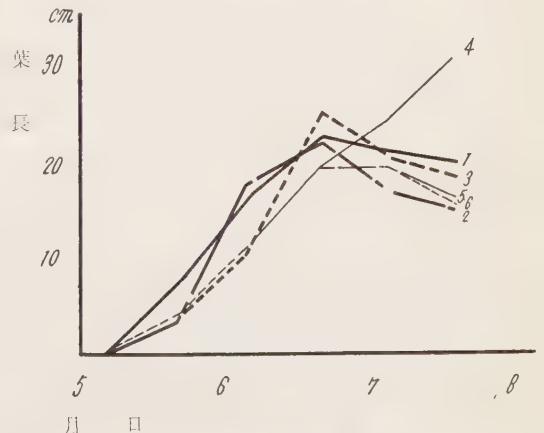
第4図　草丈の變化

* 検鏡調査によれば花茎1.0 mm前後の時期に相當する。

次に最大葉長を比較すると，おおむね各処理期間において伸長が旺盛となることを認めた(第6図)。すなわちまず第1区は葉長が最高を示し，次いで処理期の移動に従い第2，第3，第4区とおのおの前の処理区を凌駕するに至るが，第5区は凌駕までに至らず，また第6区は最も低かつた。なお第4区のみは後期においても漸増の傾向を示した。



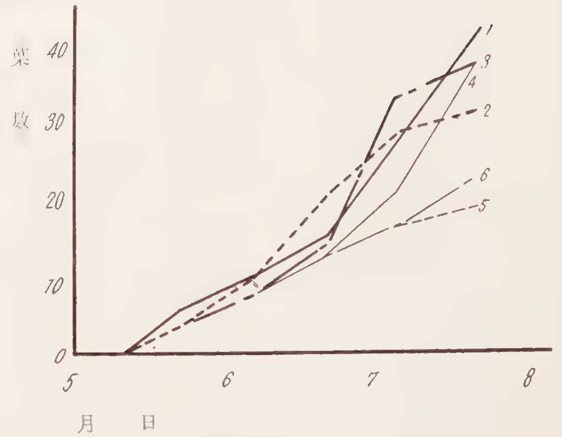
第5図　抽苔率の變化



第6図　最大葉長の變化

最大葉長の生長曲線が生育後半に降下を示すのは比較的下方に位置するに至つた最大葉が枯萎脱落し，上方の次位の大きさの葉が漸時最大葉として測定されるためと考えられ，この傾向は第２，第３区ではやや明瞭であつた。

次に葉数については第７図のとおりであるが，処理と共に葉数が増加し，第２，第３区は処理とともにおのおの前の処理区を凌駕する傾向が認められるが，第４区以降の処理区はこの程度が弱くなり，第６区ではやや不明瞭であつた。



第７図　葉数の推移

2）　播種期の移動に関する実験

５月11日から８月25日にわたり播種期を15日ごとに移動して行つた実験においては，前記のポツト試験と異なり，圃場の発芽およびその後の生育はおおむね個体差が大きく特に「キングオブデンマーク」において著しかつた。

すなわち，第８図によれば「キングオブデンマーク」の発芽は特に不良，また不整で，発芽期がおそく，また推定花房分化始もおそく，他品種に比し晩抽型の特性は認められたが，１部株に開花が認められてもなお開花期（全株の40%が開花した時期）までに至らなかつた。

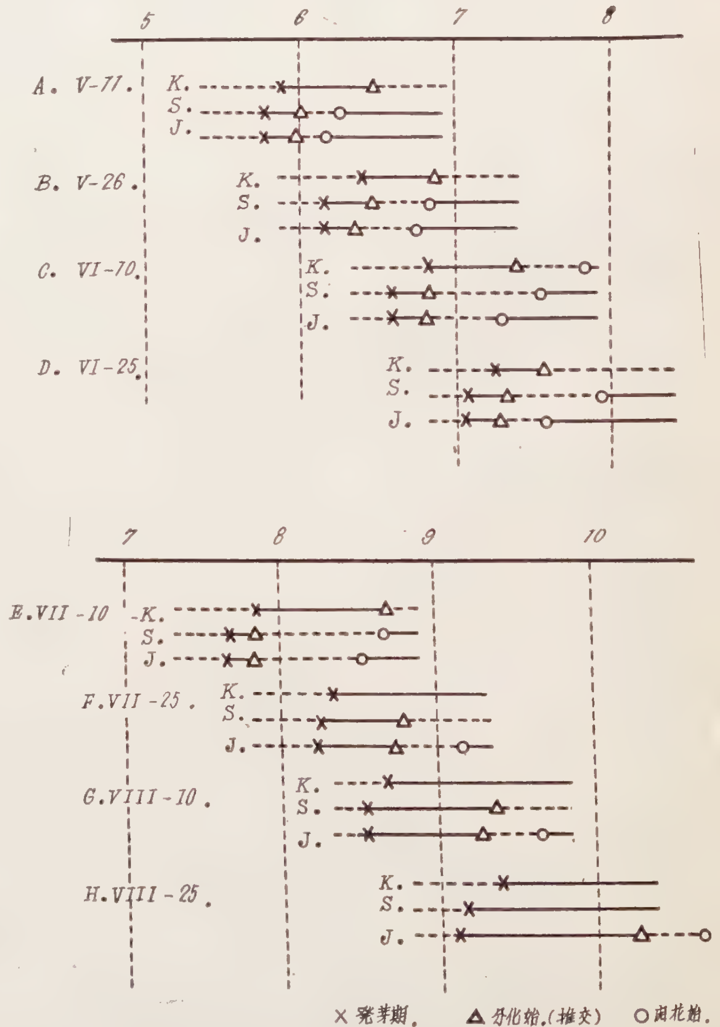
各区の花房分化ならびに開花始までの期間の比較については，播種期が５～６月のＡ，Ｂ，Ｃ，Ｄなどの各区はその期間が比較的短く，Ｅ区以降，生育期が短日に接近するに従つて，その期間が長くなる傾向が認められる。しかし生育が株間で不整一で，ＡないしＤ区間の差異については判然としない点が多い。

また「治郎丸」は「札幌大葉」に比し各区ともに花房分化および開花始，就中開花始の早いことが認められた。

播種後47日目における生育状況は第３表のとおりで，草丈，抽苔株率などについては前述の傾向とおおむね一致を示している。

葉長については「キングオブデンマーク」，「札幌大葉」ともにほぼ類似の傾向を示したが，６月播（Ｃ，Ｄ，）は「キングオブデンマーク」が７月以降は「札幌大葉」がややまさり，「治郎丸」は６月播区がはるかに劣るが，７月播（Ｅ，Ｆ，）はやや上昇を示した。

また葉数については，「キングオブデ



第８図　花房分化ならびに抽苔状況

第３表　生育状況の比較

播種期別	品種別	播種後47日目における 葉長(cm)	葉数	草丈(cm)	抽苔株率(%)	備考(調査月日)
A．5月11日	1. K	19.1	13.7	0	0	6月27日
	2. S	19.7	30.2	14.6	100.0	
	3. J	—	—	—	100.0	
B．5月26日	1. K	17.5	12.0	0	0	7月12日
	2. S	19.4	35.7	15.3	100.0	
	3. J	—	—	—	100.0	
C．6月10日	1. K	24.8	15.1	0.9	2.0	7月27日
	2. S	22.0	50.3	24.0	100.0	
	3. J	14.5	74.3	31.1	100.0	
D．6月25日	1. K	20.1	13.3	0	0	8月11日
	2. S	18.9	100.9	22.2	98.8	
	2. J	15.1	200.0	26.3	91.7	
E．7月10日	1. K	21.0	17.1	0	0	8月26日
	2. S	22.4	33.7	3.7	56.5	
	3. J	19.3	73.3	6.8	54.8	
F．7月25日	1. K	17.3	12.0	0	0	9月10日
	2. S	23.0	23.6	0.8	16.7	
	3. J	21.9	26.7	4.9	73.9	
G．8月10日	1. K	10.4	7.3	0	0	9月26日
	2. S	14.3	9.1	0	0	
	3. J	15.2	10.4	0.4	8.4	
H．8月25日	1. K	14.7	1.3	0	0	10月11日
	2. S	14.3	9.5	0	0	
	3. J	8.2	6.9	0	0	

ンマーク」はAからF区まで12.0〜17.1の範囲を上下して，GおよびHに至るに従つて降下した。「治郎丸」ならびに「札幌大葉」の播種期との間の関係は，抽苔の様相とほぼ同傾向を示し，AよりB，C，と次第に多くなり，D区が最高を示し，その後漸減した。

考　　察

当地方における晩抽型ほうれん草の春播における花房分化は播種後約５週間（発芽後約２旬）を経過後に開始され，抽苔は７月に至り，また開花はおおむね盛夏期に行われ，種子の結着はまれで，かつその品質は不良である。[3]

本実験の結果もこの傾向が認められるが，15日間の全日長日処理をした場合（実験Ｉ）における抽苔，開花の促進は，処理期を６月前半とした第３区ないしは，５月後半とした第２区が最も影響が大で，この処理期はほうれん草の生育相からみると花房分化ないし形成期に相当する。

処理期が発芽後から始り，花房分化期ころに終る第１区では花房分化の顕著な促進は認められるが，長日処理の終了後に抽苔，開花の進度の遅滞が認められ開花，結実の促進のためにはなお処理期間継続の要があろう。また処理期のおそい第４区以降においては促進の程度が順次低下している。

以上の諸点から15日間の全日長日処理による花房分化抽苔，開花の促進のためには，この実験の範囲内では，花房分化ないし形成期前後が処理の適期であることがほぼ明らかになつた。

江口氏は，[1),2)]ほうれん草が長日反応に対し，花芽分化前，後，ともに有効なことを報じ，[2)]筆者は晩抽型品種の採種のためには，春季の15時間前後の自然長日では日長不足で，全日長日あるいは隔日全長日が開花，結実に対し有効なことを述べた。[4)]

本実験において花房分化前の全日長日（第１区）は明

らかに花房分化を促進させるが，その後自然日長に戻すと，抽苔進行がやや停滞し，むしろ第3，第2区が抽苔，開花の促進を示した。この点については，岩間氏[5)]の花房分化は主として積算日長により，分化後は12時間以上の単位日長時間によるという見解を参酌すれば，本実験期間における自然日長，約15時間は，晩抽品種に対し積算日長において相当の効果を有するが，花房分化後の単位日長時間としてなお不充分なものと推定される。

また採種量の増加の点から考察すれば，熟期が遅延せぬ範囲内で栄養生長と生殖生長の2面の均衡が必要と考えられ，全長日処理の適期の花房形成期前後に存することはこの点むしろ有利であろう。しかし本実験においては処理期間が15日間に限定されていることは考察上特に留意すべきと考える。

さきに著者は長日処理の下に開花，結実した植物を登熟期に至り自然短日条件に移したところ種子の肥大，登熟が急激に停止した例を観察しているし[4)]，晩抽型品種の結実には，花房分化，花房形成，抽苔，開花，結実の各生育時期を通じて，強度の長日条件が各生育段階に応じて適宜に与えられなければならぬことが推察される。しかしてこれら生育時期の中で，特に花房形成期前後が抽苔，開花につき重要意義を持つ時期の1つでなかろうかと考える。

次にほうれん草の播種期を移動した場合については既に2，3の報告があり[1),3),5),6)]，花房分化と播種期との関係について，江口氏はこれを更に花芽分化，花器形成，花芽発育の各段階に分けて検討し，各段階共に5月播区が最も所要日数が短縮されるといい，また花房分化は発芽後およそ8日ないし11日で行われ[1),6)]，品種間にほとんど差異は認められていない[1),5),6)]。7月以降になると所要日数は次第に延長せられ，特に花器形成において明瞭といわれる[1)]。本実験においては，成績に若干の不揃いの点があるが，花房分化期については上述と近似の日時を要し，7月下旬播の晩抽型品種は，発芽後30日を経過しても分化が認められず，実験に供用した範囲内では品種間差異が認められ，この点著者らの従来の傾向[1,3),4)]に一致した。品種間差異の比較に当つては，供試材料の特性につき吟味することは[6)]見逃してならぬことであろう。

抽苔，開花と播種期との関係については，本実験において開花始で開花の比較を行つたため，推定花房分化期後比較的短時日で開花した区が見られ，やや成績が不揃いであるが，播種期の遅れるに従つて開花のおくれることと，品種の早晩差については，おおむね一定傾向が認められる。従来の報告によれば，播種後より花茎の伸長開始期までは3，4月播は20日内外，5，6月播は10〜15日，8月播は40日位となり[1),6)]，抽苔から開花までの期間は5〜7日から10日位まで[6)]であつたといわれているが，本実験においてもおおむね同傾向が認められたが，晩抽型品種では従来の品種間の相異以上に顕著であつた。なおC区（6月10日播区）の「キングオブデンマーク」に開花始が認められたが，これは1株のみであり，他株に同傾向はみられなかつたので，これは個体差と考えられる。

播種期と生育との関係は本実験では一定の傾向は認められず，葉長は早春播のものはほぼ同一歩調で生育が進みまた7月播以降のものは生育初期の伸長が急上昇を示すが，後期に至り，生育は抽苔，開花の進度と同様に急に鈍り[6)]，がいして植物体は播種期が遅れるに従い矮小になる[1),6)]ようである。従つて晩抽型品種の栄養ならびに生殖生長の2面を平行的に増大させるためには，播種期は早播が適当で，まず栄養生長ならびに花房分化を促し，次いで抽苔，開花，結実の助長に好影響を与える条件下に移すことが考慮されるべきであろう。

以上を要するにほうれん草の晩抽型品種の結実のためには，強度の長日条件が，各生育段階に応じ適宜与えられるべきで，これらのうち特に花房，ならびに花器形成期前後が反応の強い時期の一つとして考えられる。また早播がその後の植物体の生育，開花，ひいては結実に好影響を与える公算の大なることが推察された。

摘　　要

1. 春播ほうれん草に5月から7月にわたる間，15日間の全日長日処理を移動して行つた場合と，播種期を8回にわたり移動した場合の，生育ならびに開花におよぼす影響につき，1954年に検討を行い大要次のごとき成績を得た。

2. 春播ほうれん草に対し，最も生育促進効果を与えた処理期は5月下旬ないし6月上旬ころで，6月下旬に開花を始めたが，この処理期は花房分化ないし形成期に相当する。

3. 花房分化前の処理は花房分化を促進するが，処理後の自然日長では花房の発育が鈍り，従つて開花が遅くなつた。また6月下旬以降の処理は順次影響が低減した。

4. 本実験における15日間の処理期は，花房分化，抽苔，および開花をある程度は促進させるが，なほ不充分であつて，この点についてさらに検討を要すると思われる。

5. 播種期は早い方が調和ある生育，抽苔，ならびに開花をもたらし，ひいては結実に好影響をおよぼすように思われる。

本実験を行うに當り，御指導を戴いた吉野至徳前作物部長，宮下揆一園藝研究室長に深謝の意を表し，併せて御校閲を賜つた星野達三作物部長に感謝する。

参考文献

1. 江口庸雄・市川秀男 (1935) 菠稜草の花芽分化と抽苔に關する研究 園藝学会雑誌 11 (1) : 13〜56.
2. 江口庸雄 (1939) 植物の花芽分化前と分化後に於ける日照時間に対する反応の研究 千葉高等園藝学校学術報告 4: 1〜112.
3. 花岡保・伊藤和夫 (1955) ほうれん草の周年栽培における品種の適否 北農 22 (12) : 365〜372.
4. 花岡保 (1955) ほうれん草の開花，採種に及ぼす日長の影響 北海道農試彙報 70: 30〜41.
5. 岩間誠造・濱島直巳・甕淳・梶田貞義 (1954) 標高と蔬菜類の生態 (第8報) 夏出し菠稜草の抽苔を中心として 園藝学会雑誌 22(4): 217〜222.
6. 井上頼数・渋谷正夫・鈴木芳夫 (1951) 春播菠稜草の花芽分化と抽苔，開花並に性に關する研究 育種と農藝 4 (10) : 375〜380.

Résumé

Effect of long photoperiod and other environmental factors on the growth and flowering in relation to the stage of growth in spinach were studied in these experiments in 1954.

In experiment I, King of Denmark spinach sown in spring (April 20) was successively subjected to 24 hours long photoperiod for 15 days at the different stages of growth (from May to July); in experiment II, three varieties were successively sown on eight different dates and were compared with one another under different factors of the environment.

The results obtained were summarized as follows :

1. In the photoperiodic treatment of King of Denmark sown in spring, the season during the later part of May to the first June was most susceptible to the floral induction. This season appeared to be the stage of flower-stalk differentiation or development in this variety.

2. The treatment during 15 days at the stage before the flower-stalk differentiation was not so effective to induce the flowering as to cause the flower-stalk differentiation, because the succeeding, natural day-length after treatment might be not likely to encourage the floral induction. And also the latter stages of the later part of June were of little use in floral induction.

3. The 15 day duration of treatment in these tests was found to be not sufficiently long to bring about good seed production, though it could produce to some extent good flower-stalk differentiation, development or flowering.

4. Early sowing was considered to be useful to produce a harmonious, vegetative and reproductive growth and to affect a satisfactory, flower-stalk formation, flowering and seed-production.

十勝火山性高丘地土壌における甜菜に対する尿素施用効果に関する研究

—尿素の形態的変化過程の影響—

森　哲郎*・渡辺公吉*・藤田　勇*

STUDIES ON THE EFFECTS OF UREA UPON THE SUGAR BEET GROWN ON THE VOLCANIC UPLAND-SOILS IN TOKACHI, HOKKAIDO

—INFLUENCE OF THE PROCESS OF TRANSFORMATION OF UREA—

By Tetsuro Mori, Kokichi Watanabe and Isamu Fujita

緒　　言

甜菜の栽培に特効的な役割を果し，その施用が不可欠のものと考えられている智利硝石は，そのすべてが外国より輸入されており，かつきわめて高価であるため，この代替となる窒素質肥料の出現が強く要望されている。一方尿素の生産は近年急速に増加しており，各種の作物に対する試験結果[6]から，甜菜に対してもその効果が期待され始めるに至つた。

著者らは1957年来，全道的に行われた甜菜に対する尿素の肥効試験の一環として，北海道農業試験場火山灰地研究室において，これが肥効試験を行つている。今までのところ，札幌，その他の道央部においては，尿素を智利硝石の代替としてもほとんど差は認められないが，十勝高丘地においては，生育，収量共に不良で智利硝石の併用が必要であることが認められた。

この原因としては，智利硝石に含まれているナトリューム，その他の微量要素の影響，あるいは尾形ら[12)13)]が報告しているごとく未分解尿素の残留，ある種の分解物の発生，不純物としてのビューレツトなどの害作用も予想される。

しかし十勝地方のごとく作物の生育期間の短い地帯においては，各作物共その初期生育を促進することがきわめて重要と考えられているのに，十勝高丘地の表層を被う火山性土は硝酸化成菌，その他の有用細菌の数が少なく[20)]，更にまたこれらの活動は低温により著しく阻害されるから[15)]，春先の硝酸化成作用は進まず，作物に対する窒素の供給は不充分となり，これが作物の初期生育を抑制し，その後の生育，収量に大なる影響を及ぼしているものと考えられる。特に甜菜は播種期が早く，かつ硝酸態窒素を要求することが大なる作物であるため，尿素を施用した場合にこれが硝酸態窒素に変化する過程が甜菜の生育，収量の良否に大きな影響を有することが予想される。

よつて十勝高丘地において，甜菜に尿素を施用した場合の生育，収量不良の原因を，尿素の土壌中における性状，特にその形態的変化の過程の面から検討せんとして，培養試験，その他の実験を行い一応の成果を得たのでここに報告する。

甜菜に対する尿素の肥効試験の結果

1.　甜菜の生育及び収量

北海道農業試験場火山灰地研究室（帯広市大正町）の圃場において1957年及び1958年に行つた尿素の肥効試験の結果は，第1，2表のごとくである（詳細は同年度の北海道農業試験場農芸化学部試験研究成績概要参照）。

これによると尿素単用の場合には，標準施肥区（窒素用量の6割を智利硝石，4割を硫安にて施用）に比し，欠株率が著しく高く，草丈，生葉数は各時期共劣り，生育は遅延し，収量も著しく低い。しかし智利硝石を併用すると尿素単用区と異なり，標準施肥区との差が著しく小となる。

また甜菜が生育中に吸収した全窒素量及びその含有率

*　畑作部　火山灰土壌研究室

第 1 表　甜菜の生育状況及び収量　(1958年)

施肥区分	欠株率	草丈 (cm)				生葉数 (枚)				収量 (kg)			
	欠株/全株・100	18/VI	18/VII	28/VIII	28/X	18/VI	18/VII	28/VIII	28/X	茎根重	収量比	** 茎根重	収量比
智利硝石＋硫安区*	15.6	9.8	46.9	58.4	56.4	5.7	15.6	18.0	23.7	36.83	100	33.92	100
智利硝石＋尿素区	7.8	10.6	44.8	51.8	45.7	6.2	15.4	17.3	24.1	35.08	95	29.17	86
尿素単用区	41.2	10.3	41.7	53.4	49.8	6.2	14.9	17.4	20.2	32.00	87	28.75	85

* 標準施肥区,
** 1957年度収量,
備考) 供試品種: 「導入2号」,
播種期: 5月3日, 発芽期5月15日, 収穫期10月28日,
施肥量: 1区 (9.92m²) 當り,
1区當り株枚: 96株。

N………75.0g (使用肥料は施肥区分に従い, 智利硝石と硫安又は尿素のN用量比は6：4とする)
共通肥料
- P_2O_5 ……93.8g (過石)
- K_2O ……75.0g (硫加)
- MgO ……37.5g (炭酸マグネシユーム)
- 堆厩肥……18.85kg

第 2 表　甜菜の吸収した全窒素　(1958年)

日/月	施肥区分 / 部位	智利硝石＋硫安区 地上部	地下部	作物全体	智利硝石＋尿素区 地上部	地下部	作物全体	尿素単用区 地上部	地下部	作物全体
3/VI	含有率 %*	—	—	5.30	—	—	5.61	—	—	5.45
	〃 量 mg**	—	—	3	—	—	2	—	—	1
13/VI	含有率 %	—	—	5.61	—	—	5.39	—	—	6.51
	〃 量 mg	—	—	8	—	—	8	—	—	7
30/VI	含有率 %	—	—	5.21	—	—	4.84	—	—	5.23
	〃 量 mg	—	—	250	—	—	203	—	—	84
24/VII	含有率 %	2.68	1.14	2.09	2.69	0.97	2.16	2.29	1.29	2.02
	〃 量 mg	847	223	1,069	864	245	1,109	518	107	625
29/VIII	含有率 %	2.11	0.64	1.27	2.13	0.70	1.33	1.87	0.58	1.19
	〃 量 mg	1,245	5,06	1,751	1,076	447	1,523	804	277	1,081

* 乾物中 %,　** 個体當り mgN,
備考) 3/VI : 第1回間引 (2本立),　13/VI : 第2回間引 (1本立)。

第 3 表　土壌の一般的性質

土壌の種類	pH H_2O	pH NH_4OAc	C 乾土中 %	N 乾土中 %	C/N	塩基置換容量 me/乾土100g	置換性塩基 me/乾土100g Ca	Mg	K	Na	塩基飽和度 %	燐酸吸収量 P_2O_5mg/乾土100g pH 7	pH3.5	土性
高台表土	5.3	6.4	2.86	0.22	13.0	11.2	3.1	0.04	0.2	0.1	30.4	1,580	1,570	Coarse Sandy loam
高台下層土	5.5	6.5	1.25	0.16	7.8	10.3	3.8	0.5	0.2	0.2	45.6	1,710	1,720	Fine Sandy loam
沖積表土	6.1	6.7	3.24	0.27	12.0	16.5	9.8	0.6	0.2	0.2	65.5	1,600	1,600	Coarse Sandy loam

は，尿素に智利硝石を併用した区では標準施肥区に比し，わずかに劣るのみであるが，尿素単用区では含有率は標準施肥区と大差ないにもかかわらず，生長量が少ないのに対応して吸収量は各時期共著しく少ない。ただ 6 月13日に採取した試料は著しく高い含有率を示し，このころに急激な窒素吸収が行われたことを予想せしめている

2.　試験圃場の土壌の一般的性質

前記の栽培試験圃場の表層は，旭岳，雌阿寒岳 a，樽前山 b の各火山性土が降積したもので，これらが混和されて作土（以下，高台表土と記す）となつており，その下層は雌阿寒岳 b 火山性土（以下，高台下層土と記す），更に洪積層土壌となつている。この高台表土及び下層土のほか以下の実験で対照土壌として用いている近接の沖積地畑の作土（以下，沖積表土と記す）の一般的性質を第 3 表に示す。

第 4 表　培養試験の処理区分及び添加肥料の種類量

土壌	処理区分	添加肥料量（未風乾土 1 kg当り g）					
		智利硝石	硫安	尿素	過石	硫加	堆厩肥**
高台表土	智利硝石＋*硫安	13.9	0.71	—	2.31	0.45	4.38
	智利硝石＋尿素	1.39	—	0.33	2.31	0.45	4.38
	尿素単用	—	—	0.49	2.31	0.45	4.38
	無添加	—	—	—	—	—	—
沖積表土	智利硝石＋*硫安	1.39	0.71	—	2.31	0.45	4.38
	無添加	—	—	—	—	—	—

（過石・硫加・堆厩肥：共通肥料）

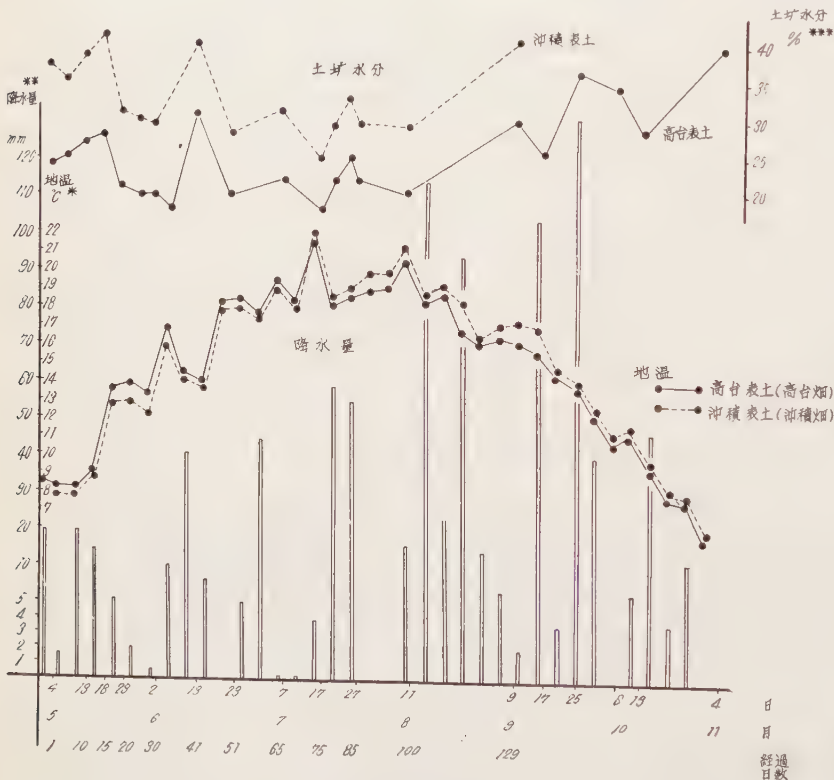
*　栽培試験の標準施肥区に相當，
**　粉砕乾燥せるもの。

備考）添加肥料の量は，実際の作業で，通常化学肥料は作条に溝撒きし，堆厩肥は畑全面に散布することを考慮し，培養円筒の表面積當り前者は前記栽培試験の施肥量の 5 倍相当量，堆厩肥はそのままの割合として計算したものであつて，N については乾土 100 g 當り約50mgの添加量となる。

実験結果

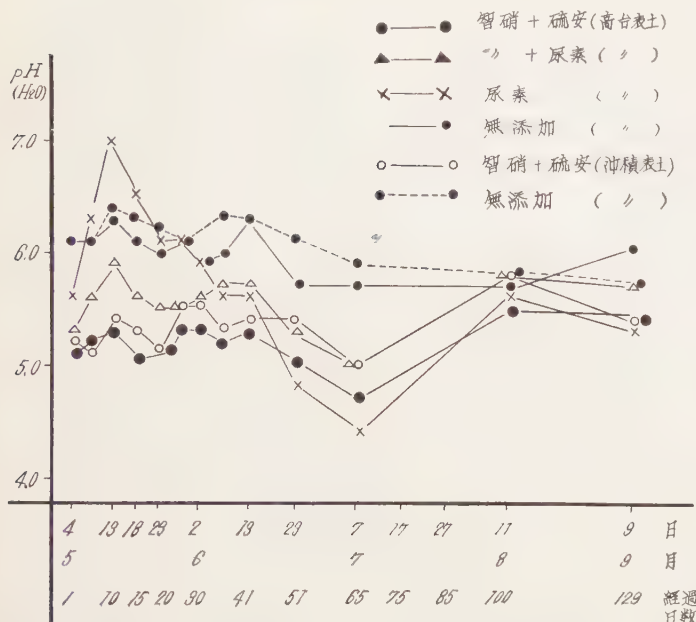
1.　土壌に添加せる尿素の時期的形態変化

まず圃場に施用された尿素の形態的変化の推移を知るため 5 月 3 日（1958年）より 120 余日間，栽培試験圃場内において培養試験を行つた。すなわち高台表土（含水比約25%の未風乾土）及び沖積表土（含水比）約35%の未風乾土）に，第 4 表に示す所要の肥料をそれぞれ添加し，これをよく混和して直径約 5 cm，深さ約 12 cm のビニール製無底円筒に約 180 g あて填充し，高台表土は高台畑（栽培試験圃場）に，沖積表土は沖積畑に，各処理ごと，それぞれ測定回数に応じた個数を，筒の上縁と地表面を同一にして埋設し，無蓋のまま放置した。これを時期を逐つて掘出し，上より10cmの部分の土壌をよく混合，未風乾のまま分析を行つた。NH_4-N 及び NO_3-Nは，Harper法により浸出して定量し，pH は土壌：水が1：2.5の懸濁液について測定した。この間の地温降水量，土壌水分及び土壌pH，NH_4-N NO_3-N の測定結果は第

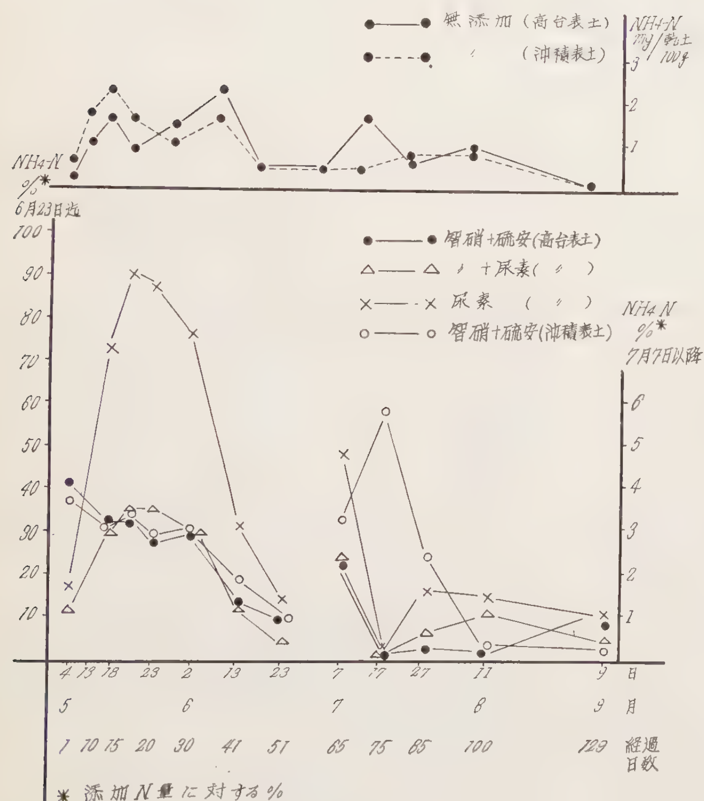


（注）＊　深さ10cm，午前10時測定（5日ごとの平均），
＊＊　5日ごとの累計，＊＊＊　水分/乾土　%，

第 1 図　地温，降水量及び土壌水分



第 2 図（A）　pH（H_2O）の推移



第 2 図（B）　NH_4—N の推移

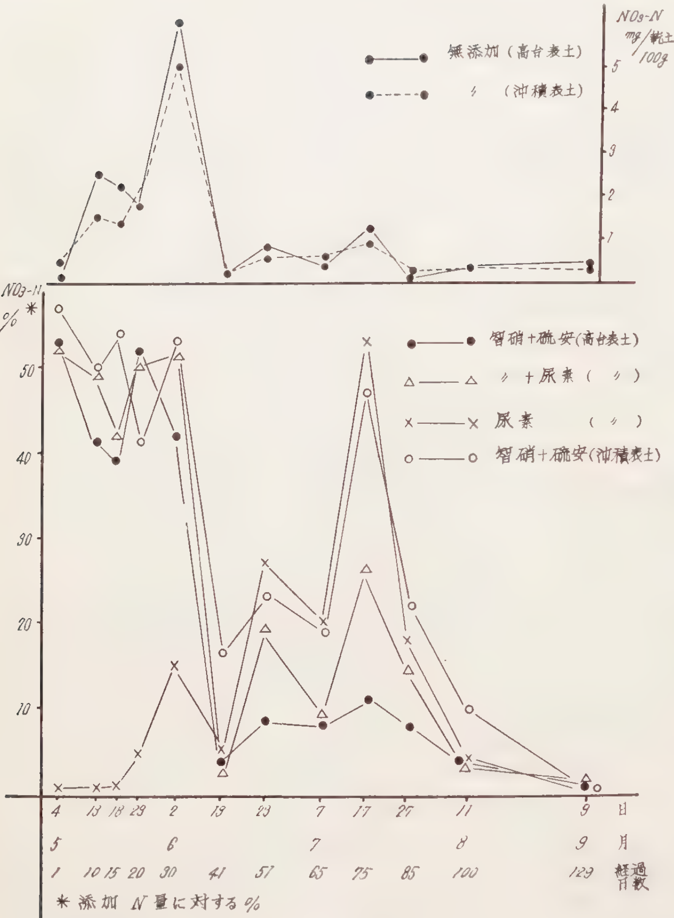
1，2図に示すごとくである

甜菜栽培には早期播種の良好なことが認められており，十勝地方では一般に土壌の融凍後早々に播種される。この時期の地温はまだかなり低いが，土壌に添加された尿素の NH_4-N への分解は，土壌中の NH_4-N の増加，pH の上昇の様相から，添加後15日目の5月18日ころまでにはほとんど終つたものと推定される。しかるにこの NH_4-N からの硝化作用は，その後20日間位はほとんど行われず，35日後の6月7日ころに，地温が急激に上昇すると共に，盛んになるのが認められた。このことは先述の尿素単用区の6月13日の甜菜試料について，そのきわめて高い窒素含有率からこの直前ころに急激な窒素吸収の行われたことを予想した点と時期的によく一致する。またこのように硝化作用が不良で，尿素より生成された NH_4-N がそのまま集積しているので，この間高い pH が持続している。なおこのことは，実際の栽培試験圃場の株間土壌についても，第5表に示すごとき同一傾向が見られた。

第 5 表　株間土壌* の NH_4-N，NO_3-N 含有割合

施肥区分	日/月・施肥後日数・Nの種別	4/V 1	21/V 18	28/V 25	2/VI 30
智利硝石	NH_4-N	40	** 40	43	29
＋硫安	NO_3-N	60	60	57	71
智利硝石	NH_4-N	—	—	46	—
＋尿素	NO_3-N	—	—	54	—
尿素単用	NH_4-N	100	*** 91	94	66
	NO_3-N	0	9	6	34

* 株間の地表より0～10cmの間の作土を混合採取，
** pH（H_2O）＝5.3，
*** pH（H_2O）＝6.1，
備考）数字は各サンプルごとに乾土 100 g 當りの NH_4-N，NO_3-N の含量中のそれぞれの%。



第 2 図（C） NO_3—N の 推 移

その後，各土壌共降雨が度重なるに従い，NH_4-N のまま，あるいは NO_3-N として減少を続けるが，7 月17日ころの地温が最高に達する時期に至り，尿素添加土壌では多量の NO_3-N の生成が認められ，土壌の pH も著しく低下した。このことは尿素のみを添加した土壌に最も著しく，尿素を智利硝石と併用して添加した土壌がこれについでいるが，智利硝石と硫酸アンモニアを添加した土壌ではわずかに認められるに過ぎない。なおかかる NO_3-N についてのピークの出現は，この時期の高い地温によつて硝化作用が促進され，NO_3-N の生成量が増加し，それが 7 月前半に降雨量が少なく，余り溶脱されることなしに，良好に蓄積されたことを示すものと思われる。

これらの結果から，土壌に施用された尿素については分解生成した NH_4-N の硝化作用における lag period の様相及び後期に至つても好条件となれば多量の NO_3-N を生成せしめ得るような NH_4-N としての蓄積状態の 2 点が問題となると思われるが，まず前者から検討を試みる。

2. 硝化作用における lag period の季節別の相違

前記実験と同時期，地温が 15°C 以上に達している夏季及び秋播麦類の播種期ころの 3 時期に，前記と同様な方法で尿素及び硫酸アンモニアを添加（ただし共通肥料は添加せず）せる高台表土の培養試験を行い，時期別に尿素の形態的消長を硫酸アンモニアと対比した。その結果は第 3 図のごとくである。

これによると，尿素の NH_4-N への分解は，夏，秋の両時期にも春と同様順調に進むことが認められる。なお夏，秋の試験では

第 6 表 尿素添加土壌の Urea-N の消長

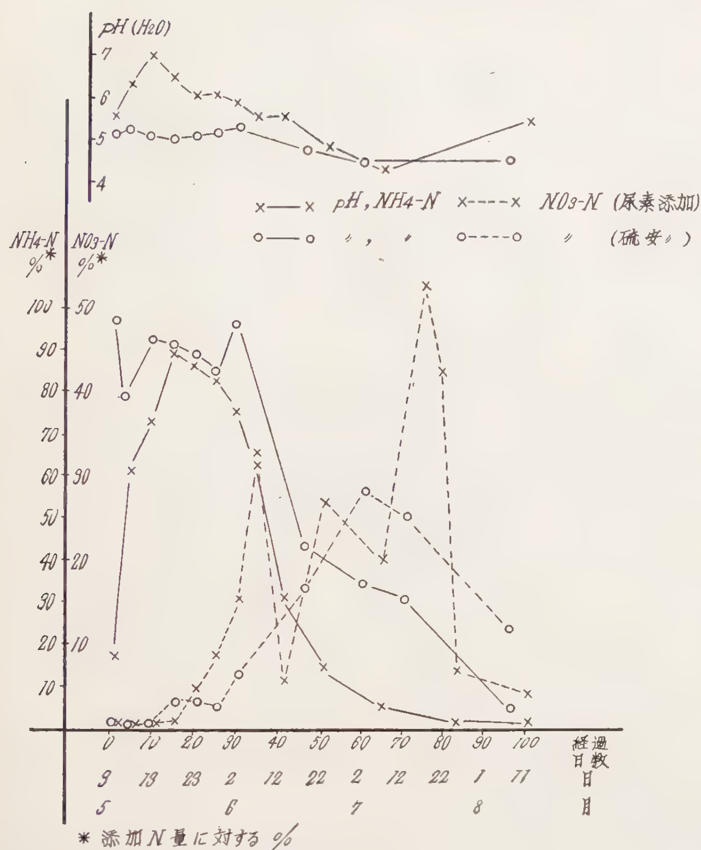
	日/月	6/VII	7/VII	10/VII	17/VII	24/VII
夏季	経過日数	1	2	5	12	20
	Urea-N	96.2	35.6	6.8	tr.*	—**
	日/月	18/IX	25/IX	6/X		
秋季	経過日数	1	8	19		
	Urea-N	99.8	tr.*	—**		

備考）N は添加量に対する未分解 Urea-N の%で表示，
* 0.1 %以下，**測定不能

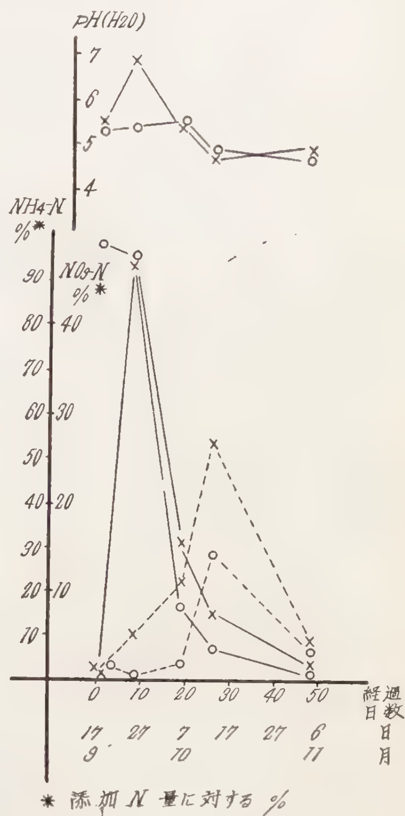
Urease 法[3]により Urea-N の残存量を実際に測定し，第6表に示したが，Urea-N の減少と NH_4-N の増加は傾向的にきわめてよく一致し，春季の試験において尿素の分解程度を NH_4-N の生成量から推定したことが，不合理でないものと認め得る。また尿素より分解生成した NH_4-N の硝化作用は時期別に比べて春，秋，夏の順に lag period が短く，活発になり始めるのが早い。ここで秋は春と地温の差が余り大でないにも関らず，lag period の長さに著しい差の認められるのは，硝化作用の進行具合は単に温度によつてのみ影響されるものでなく，季節的に変化するその他の土壌条件，例えば微生物的条件などにも影響されるもの NH^4-N と考えられるが，このことについては別途に検討すべきであると思う。

また尿素から生成した NH_4-N と硫酸アンモニアの NH_4-N とでは，各時期共尿素の NH_4-N の硝化が進み易いことが認められる。

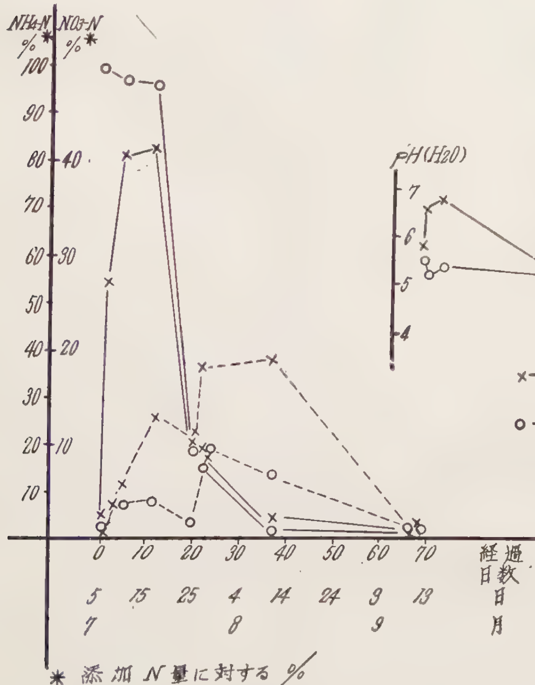
これらの結果から，春季は本土壌の硝化作用が進み難



第3図 (A) 尿素の形態的消長 (春)



第3図 (C) 尿素の形態的消長 (秋)

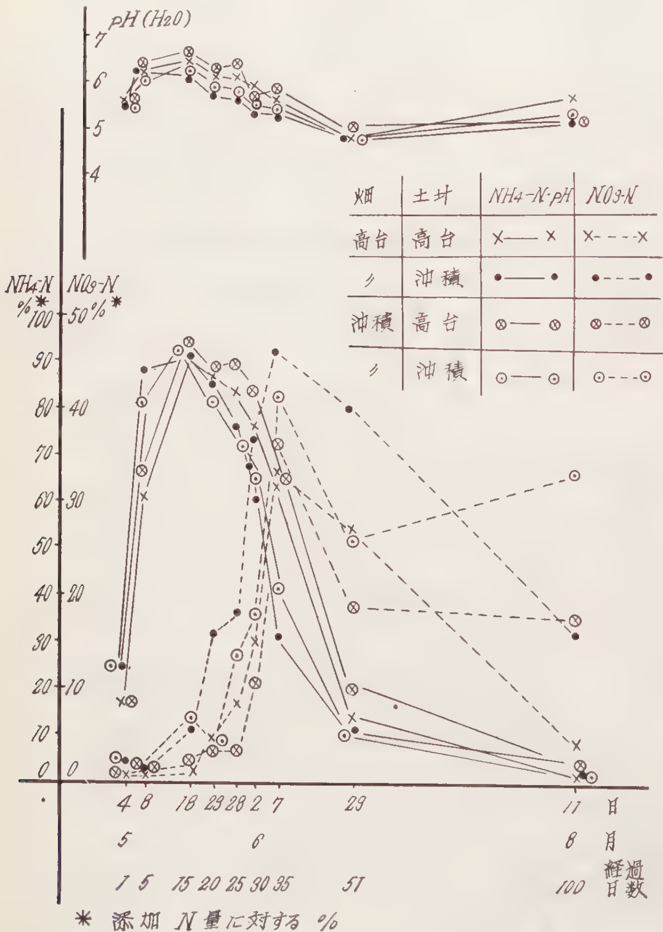


第3図 (B) 尿素の形態的消長 (夏)

い条件にあり，NH_4-N の硝化による NO_3-N の供給状態が不良であることが知られる。

3. 硝化作用における高台表土と沖積表土の相違

前の培養試験より，土壌の微生物的条件が硝化作用に及ぼす影響の少なくないことを予測したが，生産力が高く微生物的条件が良好と見られている沖積表土を対照にとり尿素の形態的消長を検討した。すなわち高台表土，沖積表土に対し，前記と同様に尿素を乾土 100 g 当り 50mg N 相当量添加し，よく混和して円筒につめ，高台表土を高台畑と沖積畑の両者にそれぞれ埋設し，一方沖積表土も高台畑と沖積畑に埋設して5月3日（1958年）から培養を行い，土壌と畑とを交互に交換した場合の影響を見ようとした。その結果は第4図に示す。



第 4 図　土壌の種類と尿素の形態的消長の関係

なおこの場合の土壌水分は，その測定結果から同種の土壌は埋設されている畑が取換つても同一傾向で推移しており，前出の第1図と同様と見ることができる。また地温については，本実験に使用した円筒の規模では，埋設した畑の地温の影響がかなり大であつたと思われる。したがつて培養期間の全体を通ずると，土壌水分はいずれの畑に埋設されても沖積表土が高く，また地温は両土壌共高台畑に埋設したものが沖積畑に埋設したものより高く経過したこととなる。

尿素の NH_4-N への分解は両土壌共，かつ埋設した畑のいずれであるかに関らず大差なく，良好に進む。しかし一方，これが硝化作用における lag period は沖積表土が高台表土より短く，その後の化成作用も盛であり，中でも沖積表土が高台畑に埋設された場合に著しい。このことは沖積表土が高台表土より本質的に，硝化作用に対する好適条件を有し，高台畑が沖積畑より地温の高いことが，その性質を更によく発現せしめたものであり，これに反し高台表土は本質的に硝化作用が不良であることを示すと考えられる。

4. 施肥濃度の不均一が硝化作用に及ぼす影響

以上の実験で乾土 100 g 相当の土壌に対し 50 mgN を添加したのは，甜菜の作条幅で表面より約 3 cm の土壌全体に肥料が均一に混和されるという想定を基にしたものであることは先に述べた通りであるが，実際に尿素を作条に施用するに当つては，分布が不均一となることを免れず，更に通常の肥料尿素が造粒されているという事情も加わり，作条内に非常に高濃度に集中施肥される部分の生ずる恐れがある。

BROADBENT[2] らによると施肥した NH_4-N は土壌膠質との接触点に吸着されるものといわれ，また硝化作用は高濃度の NH_4 により阻害をうけることもすでによく知られているところで，尿素の添加量が更に多量の場合には，尿素よりの NH_4-Nの硝化作用がこれまでの実験が示す結果よりさらに不良となることが予想される。よつて 50 mgN とその2倍量の 100mg N に相当する尿素を添加した高台表土について9月17日（1958年）より培養試験を行つた。方法は前記に準ずるが，分析用試料は円筒内の土壌を上から 0〜5，5〜10 cm の2部分に分割し，各々よく混合して用

第 7 表　尿素添加量の影響

底の有無	深さの部位	尿素添加量	区分 ＼ 日/月・経過日数	17/IX	25/IX	6/X	13/X	4/XI
				0	8	19	26	46
	cm	mgN/乾土100g						
無底	0～5	50	NH_4—N	0.1	93.4	30.4	15.0	2.2
			Urea—N	99.8	tr.	—	—	—
			NO_3—N	0.2	5.0	11.0	26.4	4.2
			N（合計）	100.1	98.4	41.4	41.4	6.4
			pH(H_2O)	5.5	6.9	5.4	4.7	4.8
		100	NH_4—N	0.6	96.0	66.8	68.1	12.9
			Urea—N	97.4	tr.	—	—	—
			NO_3—N	0.3	0.8	5.7	14.5	11.8
			N（合計）	98.3	96.8	72.5	82.6	24.7
			pH(H_2O)	5.5	7.9	7.0	5.4	4.4
	5～10	50	NH_4—N	0.1	93.0	27.4	1.0	1.2
			Urea—N	99.8	tr.	—	—	—
			NO_3—N	0.2	8.6	14.0	14.4	9.6
			N（合計）	100.1	101.6	41.4	15.4	10.8
			pH(H_2O)	5.5	6.9	5.4	4.9	4.7
		100	NH_4—N	0.6	97.0	60.2	34.1	5.2
			Urea—N	97.4	tr.	—	—	—
			NO_3—N	0.3	2.9	7.3	13.6	10.7
			N（合計）	98.4	99.9	67.5	47.7	15.9
			pH(H_2O)	5.5	7.9	6.8	5.4	4.2
有底		50	NH_4—N	0.1	83.2	—	50.8	34.6
			Urea—N	99.8	tr.	—	—	—
			NO_3—N	0.2	5.8	—	25.8	25.8
			N（合計）	100.1	89.0	—	76.6	60.4
			pH(H_2O)	5.5	6.8	—	5.0	4.5
		100	NH_4—N	0.6	86.0	—	73.8	62.6
			Urea—N	97.4	tr.	—	—	—
			NO_3—N	0.3	2.8	—	10.9	10.5
			N（合計）	98.4	88.8	—	84.7	73.1
			pH(H_2O)	5.5	7.6	—	6.0	5.6

備考） Nは添加量に対する%にて表示。

い，また有底円筒（蓋付）による培養をも併行して実施した。

その結果は第7表のごとくであり，尿素の NH_4-N への分解は深さの部位によつても，また底の有無によつても両添加量の間で差が認められない。しかし硝化作用は 100 mg 添加土壌が 50 mg添加土壌より全般的に不良で，かつ 5～10 cm の部位では 0～5 cm の部位に比しその差が大である。これは上部よりの溶脱分が加わり，NH_4-N 濃度の高くなるためと考えられるが，有底筒の培養ではこの傾向が一層著しく現われていることも，この事実を示しているものであろう。

このことから，元来硝化作用が不良である本土壌に対して窒素含有率がきわめて高い尿素を作条施肥する場合には部分的に NH_4-N 濃度が高くなり，硝化作用の不良なことを一層助長する一因となつていることが推定される。

しかしながら，この実験結果は施肥濃度の高い方が NH_4-N の溶脱する割合の低いことを示しており，後述するごとく本土壌のNH_4 保持が濃度の稀釈により，著しく低下することと相通ずるものであつて，この間の平衡関係について今後更に検討しなければならない。

5. NH_4 の保持とその硝化作用に及ぼす影響

先に尿素添加土壌において，夏季高温時に NO_3 化成量が特異的に高くなることを述べたが，この点についての

検討を行つた。

a）硝酸ナトリユームとして添加せる NO_3-Nの溶脱

本土壌は砂質軽鬆で透水性も大であるため，降雨によるNO₃-N の溶脱の大なることが予想されるが，乾土100g当り 50mg NO_3-N を硝酸ナトリユームにて添加した高台表土を前記培養試験と同様に，円筒に塡充，高台畑に埋設して NO_3-N の減耗を測定すると，第8表のごとくであり降雨による溶脱のきわめて著しいことが知られる。

第 8 表　硝酸ナトリウム添加土壌の NO_3-N の消長

A．5/VII〜9/IX（1958）

底の有無	深さの部位 ＼ 日/月	5/VII	7/VII	10/VII	17/VII	25/VII	27/VII	11/VIII	9/IX
	経過日数	0	2	5	12	20	22	37	66
	降水量	mm 0.0	0.2	0.2	61.8	0.6	53.2	241.9	
無　底	0 〜 10 cm	100.0	102.4	100.3	105.1	0.2	6.4	3.9	0.2
有　底	—	—	—	—	—	—	—	102.2	88.4

B．17/IX 〜 4/IX（1958）

底の有無	深さの部位 ＼ 日/月	17/IX	25/IX	6/X	13/X	4/XI
	経過日数	0	8	19	26	48
	降水量	mm 75.2	171.9	0.0	69.3	
無　底	0 〜 5 cm	100.0	82.6	0.1>	0.1>	0.1>
無　底	5 〜 10 cm	100.0	107.3	0.1>	3.7	0.1>
有　底	—	100.0	89.6	—	69.9	80.6

備考）数字は添加量に対する NO_3-N%にて表示。

これより第2図に認められた尿素添加土壌における夏季高温時の NO_3N のピークは，その大部分が その時期まで硝酸化されないで土壌に保持されていたものから生成されたと考えるべきであろう。また一部は，一旦溶脱されたものの中で，表層部の乾燥に伴つて再び表層部に戻つたものも含まれると考えられるが，これは当初から智利硝石を併用添加した土壌において尿素のみの添加土壌におけるよりこのピークが顕著でないことから，恐らく少ないものと思われる。

なおこの時に硝酸化成される窒素源としては，土壌に

第 9 表　土　壌　の　カ　チ　オ

A．測定条件による塩基置換容量の變化

土壌の種類	有機物の燒灼除去			NH₄ 濃度の低下			pH			
	(1) 処理後の容量 me/乾土100g	(2) 処理による減量 me/乾土100g	(2)/(4) ×100	(3) $\frac{N}{10}$ NH_4OAc me/乾土100g	(4)—(3) me/乾土100g	$\frac{(4)-(5)}{(4)}$ ×100	(4) 7.0 me/乾土100g	6.0 me/乾土100g	5.0 me/乾土100g	4.2 me/乾土100g
高台表土	1.8	9.4	84.0	7.7	3.5	31.2	11.2 (100.0)*	7.2 (64.3)	5.1 (45.5)	3.0 (26.8)
高台下層土	6.4	3.9	37.9	8.7	1.6	15.5	10.3 (100.0)	7.9 (76.7)	7.7 (74.8)	6.4 (62.1)
沖積表土	1.2	15.3	96.4	11.0	5.5	33.3	16.5 (100.0)	13.7 (83.0)	9.6 (58.2)	6.4 (38.8)
備考 NH_4OAc濃度	N			$\frac{N}{10}$			N			
〃 pH	7.0			7.0						

*（ ）内は各土壌ごとに pH 7 の値を 100 とした指数。

吸着されている NH_4 のほか第2図に示すごとく前回の測定時の NH_4-N より次回の測定時の NO_3-N がかなり多く，その喰違いは無添加培養土壌の土壌窒素の無機化量で説明しきれぬ場合の認められること，あるいは後述するように土壌に添加した NH_4 の中で KCl 液による浸出で測定されない部分の生ずることなどから，更に強固に保持されている NH_4，あるいは一旦有機化してもその後の硝化作用において窒素源となり得る，いわゆる「可硝化窒素化合物」も含まれると予想される。

しかしかかる形態のうち，主なものは LEES[9] らの説に従うと土壌の置換基が吸着している NH_4 であろう。

b） 土壌のカチオン置換特性

そこでまず高台表土のカチオン置換上の特性を知るため，次の測定実験を行つた（第9表）。

これによると，高台表土の置換容量は余り大でなく，有機物の焼灼除去による減少の著しいことから，有機物に起因する置換容量の占める割合が非常に高く，無機膠質物による置換容量の少ないことが知られる。吉田[19] の方法によりカチオン置換に与る charge の分類を試みると，c-chargeの割合が高く，カチオン置換が主に腐植の吸着基によりおこると考えられる。また同じく吉田[18] が提案するごとく濃度の低下による置換容量の減少率がカチオン吸着の強度に逆相関するものとすると，その吸着強度がきわめて弱いことになる。またpHの低下による置換容量の減少が著しい。さらに各種塩基間の吸着の選択性については，o-charge が i-charge に比して著しく多いこと，また BRAY[1][11] らの方法による相対的放易度係数から考えて，HH_4 を含む一価カチオンの吸着保持の不良であることが推定される。

c） 各種 NH_4 塩の溶脱性

次に，尿素の分解後主として炭酸アンモニアが生成されるものであることを前提として，これとその他の各種 NH_4 塩の NH_4-N の溶脱性を比較し，これらの塩が硝化作用の NH_4 源として土壌中に保存されることの良否を判定するため，未風乾の高台表土（含水比40%）200 g を直径 5 cm のガラス円筒につめて，土壌柱となし，これに各種の NH_4 塩の 50mg N 相当量を 50 ml の水溶液として表面に均一に注加し，1 夜放置後，200 mm の降雨に相当する 400ml の純水にて洗滌し，洗液中の NH_4-N を溶脱量とし，次に KCl 液により浸出される NH_4-N を測定して，水洗により溶脱されずに残つた NH_4 保持量とした。

第 10 表　NH_4 塩の種類と NH_4 溶脱量

NH_4 塩の種類	洗滌液の pH（洗滌後）	(1) 洗滌液中の NH_4-N	(2) 10%Kcl 浸出液中の NH_4-N	(1)・(2)
$(NH_4)_2SO_4$	5.2	69.4	37.2	106.6
NH_4NO_3	5.2	55.8	38.7	94.5
NH_4Cl	5.2	54.4	39.3	93.3
$(NH_4)_2CO_3$	5.6	3.6	69.6	73.2
$(NH_4)_2HPO_4$	5.3	1.1	72.9	74.0
$NH_4(CH_3COO)$	4.7	39.1	43.6	82.7

備考） pH 以外の数字は添加量に対する各Nの%にて表示。

その結果は第10表に示すごとくであり，本土壌においても奥田[14] ら，潮田[16] らが既に報告したごとく，炭酸アンモニアは燐酸アンモニア，酢酸アンモニアと共に，硫酸アンモニア，硝酸アンモニア，塩化アンモニアなどに比してその NH_4 が溶脱され難く，従つてその後の硝化作用に対して，より多くの NH_4 源を供給する可能性のあることが知られる。

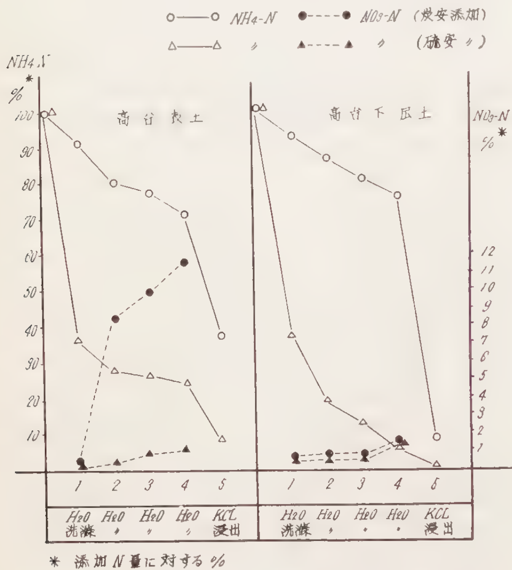
d） 炭酸アンモニア，硫酸アンモニア添加土壌の洗滌培養実験

そこで溶脱性が相違している炭酸アンモニア，硫酸ア

ン　置　換　特　性

B. Charge の分類				C. 相対的放易度係数					
i-Charge				c-Charge					
me/乾土100g (5)	(5)/(4)×100	me/乾土100g (6)	(6)/(4)×100	Na	K	Mg	Ca	H	NH_4
2.1	18.7	8.9	81.3	21.2	7.0	3.0	1.0	0.3	24.0
4.5	43.7	5.8	56.3	11.5	2.3	2.2	1.0	1.0	3.0
3.9	23.6	12.6	76.4	20.7	9.0	2.7	1.0	0.3	32.3

ンモニアについて，実際にその後の硝化作用に現われる影響を知るため，高台表土，高台下層土に対して前項の実験と同様に炭酸アンモニア，硫酸アンモニアをそれぞれ添加した土壌柱について，室温に40日間培養し，その間10日ごとに純水 200ml（100mm の降雨量に相当し,第 7 表より NO_3-N はほとんどすべて除去されると思われる）にて洗滌し，洗液中の NH_4-N 及び NO_3-N を測定し，また最終回の水洗後に KCl 液により浸出される NH_4-N を測定した。その結果は第 5 図に示したごとくである。



第 5 図　炭酸アンニア，硫酸アンニア添加土壌の洗滌培養

これによると，表土について硫酸アンモニア添加土壌は第 1 回目の洗滌により,その NH_4-N の大半を失い，残留する NH_4 が少ないので，その後の NO_3 生成量も少ない。これに反し炭酸アンモニア添加土壌は洗滌の反復によつてもその NH_4-N の失われることが少なく，残留している NH_4-N が多く，これに応じて NO_3 生成量も多い。

また下層土では，NH_4-N の溶脱は表土と同様に硫酸アンモニアより炭酸アンモニアの方が少なく，毎回の洗滌後に土壌中に残つている量が多い。しかしこの土壌は吉田[20]によると'硝化菌の数が極端に少なく,硝化作用がはなはだ不良とされているので,NH_4-Nはそのまま硝化されずに土壌に保持されているものと考えられ,残存する NH_4-N は多いにもかかわらず，NO_3-N はきわめて少量しか認められない。なお実際の圃場にあつては，この NH_4-N が表層の乾燥に伴つて作土層に戻り，ここで硝化作用をうける可能性も考えられる。

前にも触れたように,土壌に添加した HH_4-N は,4回の水洗，1 回の KCl 液浸出による NH_4-N 及び NO_3-N の合量によつて回収せられず，特に溶脱の少ない高台表土に炭酸アンモニアを添加した場合には，この傾向がはなはだしい。このことは窒素肥料について溶脱の難易と作物養分としての利用度の関連を考慮して，更に検討すべきことを示唆するものと思われる。

6.　尿素のアンモニア揮散

土壌に施用した尿素は分解して一時 NH_4-N として多量に集積し，土壌 pH を著しく高めることは，前に第 2 図 A 及び B にて示したが，この場合に NH_3 揮散による損失が懸念される。この点を明らかにしようとして，尿素を各種物料と共に土壌に添加し，25°C に 10日 間培養し，その間の NH_3 揮散量を密閉器内で，酸液に拡散吸収せしめて測定したのが，第11表である。

第 11 表　尿素添加土壌のアンモニア揮散（25°C，10日間培養）

処理の種別	pH(H_2O) 開始時	pH(H_2O) 終了時	揮散した NH_3-N	土壌含有窒素 NH_4-N	土壌含有窒素 NO_3-N
尿　素	5.5	5.8	1.9	57.7	27.8
〃＋K_2SO_4	5.4	6.1	0.6	90.0	6.9
〃＋$CaSO_4$	4.7	5.4	0.6	79.0	15.0
〃＋過　石	4.3	5.2	tr.	90.9	7.6
〃＋$CaCO_3$	6.9	7.6	1.9	59.3	31.5
〃＋堆厩肥	5.9	6.0	0.8	70.3	29.8
硫　安	5.5	5.4	rt.	65.1	8.2

備考）1.　Nは添加量に対する%にて表示，
2.　添加N量は乾土 150 g 相当の未風乾土壌（含水比40%）当り50mg，
3.　共添物の堆厩肥は10 g（粉砕乾物），その他は10me．相当量，但し過石は所含の $CaSO_4$ について 10 me 相当量。

これによると尿素のみ及び $CaCO_3$ 併用添加の場合以外では，問題視するほどの揮散量は認められず，実際の施肥において過石，硫加などと共に施用することを考え合せるとほとんど無視できる。しかしこの実験では遊離 NH_3 を吸引捕集して測定していないから，春先の土壌乾燥，強風下の条件では，この損失量が幾分増すことも予想される。

7.　尿素の施用が土壌塩基に及ぼす影響

HOFMANN[6] らは，生理的に異なる各種窒素肥料が土壌の肥沃度に及ぼす因子として置換性塩基に対する影響をあげているが，カチオン置換容量が小さく，かつその強度の弱い高台表土においては，更に一層影響するところが大であろう。そこで生理的塩基性である尿素を本土壌に施用した場合の影響を知るため，最初に述べた培養試験における高台表土の開始及び終了時の置換性塩基含量を求めると第12表のごとくである。

第 12 表　培養実験に伴う土壤塩基量の變化

処理区分	Ca		Mg		K		Na		全塩基		塩基飽和度(%)	
	始*	終**	始	終	始	終	始	終	始	終	始	終
智利硝石＋硫安	6.9	4.0	0.3	0.2	1.9	0.5	4.0	0.1	13.1	4.8	136	49
智利硝石＋尿素	6.9	4.1	0.3	0.2	1.9	0.5	4.0	0.1	13.1	4.9	136	51
尿素	6.8	3.5	0.3	0.1	1.9	0.5	0.2	0.1	9.2	4.5	96	44
無添加	3.9	4.5	0.1	0.04	0.2	0.1	0.1	0.1	4.3	4.7	45	49

* 始　は肥料添加直後（培養開始時），
** 終　は培養試験の終了時，

備考）塩基量は me/乾土 100g にて表示。

これによると，各処理土壤共培養期間中に失われる塩基量は著しく多く，培養開始当初に添加された各成分は，ほぼ一様にほとんどその全量が失われており，尿素の添加が塩基の溶脱を特に抑制したとは認められない。

このことは，硫酸根を含まず一般に塩基を溶脱させることが少ないといわれている尿素も，これが NH_4-N を経て NO_3-N となり，更にこの NO_3-N が溶脱する時には，当然塩基の溶脱を伴うものと思われ，カチオン，NO_3 のいずれに対しても保持能力のきわめて低い本土壤において尿素を智利硝石に代る窒素肥料として使用する場合には，智利硝石が含有するナトリユームの直接的効果とは別に，このような土壤塩基に対する窒素肥料としての間接的影響の少なくないことが知られるのであつて，この点については更に検討を必要とする。

考　　察

十勝高丘地の表土は砂質で透水性が良好であるため，降雨による NO_3-N の溶脱はかなり激しくおこるものである。この度合は降雨前の土壤の含水状態，降雨の性質などにより相違すると思われるが，溶脱により根の到達範囲以下に洗い下げられた NO_3-N は作物により吸収利用されずその生育に大なる影響を与えるものと考えられる。しかし甜菜の栽培に当り，これの NO_3-N に対する高い要求を充たすため，かかる溶脱損失分を見越して，直接に NO_3-N で施用する肥料用量を無暗に増すことは，不経済であるのみならず，細川[7]によると根中の有害性窒素の含有率を高め製糖原料としての品質が低下するもので，一般には古くから窒素用量の6割は智利硝石により NO_3-N を，4割は硫酸アンモニアにより NH_4-N を施用する慣行法が広く行われ，当初は智利硝石の NO_3-N を，その後徐々に硫酸アンモニアの NH_4 から硝化生成される NO_3-N を吸収利用せしめる様式をとつている。

そこでこの標準肥料の硫酸アンモニアの代りに尿素を用いた場合，気温，地温の上昇が充分でない播種時期においても，アンモニアの生成は比較的速かに進行し，その NH_4 はカチオン保持の不良な本土壤においても，硫酸アンモニアの NH_4 よりはるかによく保持せられ，その後の硝化作用も土壤条件が好転する時期に至れば，硫酸アンモニアの NH_4 より良好に進み，かつ NH_4 源が多量に保持されていることを反映して，NO_3-N の生成量も硫酸アンモニアの場合より多い。従つて甜菜の生育初期における NO_3-N は智利硝石の NO_3-N に保存することを前提として，併用する窒素養分供給源という面から比較すると，尿素の方が硫酸アンモニアよりむしろ優るといい得るのであつて，栽培試験の結果，標準施肥に比して尿素，智利硝石併用がなおかつやや劣る原因は，更に別の面から検討を要する問題であろう。

しかしながら，尿素より分解生成した NH_4-N が良好な条件ではいかに硝化されやすいものであつても，本土壤では，春先の硝化作用は NH_4 源が硫酸アンモニア，尿素のいずれであつても，その lag period が長く続き，活発な硝化は後期に至らなければ起らないものであつて，甜菜の生育初期の NO_3-N 供給源としての役割を尿素に期待することは不可能である。したがつて智利硝石を併用せずに尿素を単用するときは，当然甜菜の初期生育がおくれ，ついに低収量に終ると考えられる。

以上のように，本実験から尿素を智利硝石と併用せずに，単独に甜菜に施用することの不利であることが明らかとなつたが，ただこの場合に施用する NH_4-N，NO_3-N の当初の比率は，智利硝石に併用する肥料を硫酸アンモニアから尿素に変えると，夏季の高温時に著量の硝化生成が認められること，またその年の気象条件によつては，春先から意外に早く lag period を脱し，盛んな硝化作用が認められることもあるので(未発表），智利硝石の使用比率を年によつては，幾分下げても差支なかろうと推測されるがこれが適正な比率は，NH_4-N の硝化作用の消長，生成された NO_3-N が甜菜の生育相に対応して吸収される推移及びその作物栄養上の意義，ならびに降雨による溶脱状況などの諸条件と関連するもので，今後更に検討を重ねる必要がある。

また当初に施用する NO_3-N 肥料として，著者らの研究室の栽培試験結果から，合成硝酸ソーダが智利硝石に遜色なく代替し得ることが知られたが，微量要素が制限因子となつていない畑では当然のことといえよう。また硝酸アンモニアでは生育初期では相違が認められないが，後期に生育不良となり，収量も低く，しかもこの傾向は年により変動しやすいなどの問題点が提起されているので，今後各種肥料の土壌中における性状行動を明らかにする中で解明していく予定である。

また夏季の高温時に現れた硝化作用のピークは，標準肥料を添加した高台表土では余り認められないのに反し，沖積表土では高台表土に尿素のみを添加した場合とほぼ同様に顕著であるのが認められた。これは沖積地畑の生産力が高台畑に優り，特に甜菜ではその差が大きいことと考え合せて，十勝高丘地の甜菜収量を向上せしめる方策を探る上で，一つの示唆を与えるものと思われる。

次に，尿素は甜菜に施用後，その発芽期までにその大部分が分解し終つているが，土壌 pH の推移から見て尾形[4]らが認めているような高濃度の NH_4^+, OH^-, NH_3 などがかなりの期間にわたり土壌中に遊離の状態で存在したと考えられ，このことは既往の報告[4)10)17)]と同じく本実験においても認められたように，硝酸化成を抑制するばかりでなく直接に甜菜の発芽ないしはその直後の生育に害作用をもたらし多数の欠株が発現する一因となると予想される。またこのことに関連して，藤村[5]が安水を用いた小麦の発芽試験において，培地として沖積土壌を用いる時は，阻害程度が段階的で阻害の発現限界濃度が高いが，粗粒な砂ではかなり低濃度（0.06%）まで完全な阻害が見られたことと考え合せて，砂質で置換容量も大でない高台表土では，特に発芽阻害がおこりやすいものと推測される。更にこのような欠株の多発は各個体の発育いかんにかかわらず総収量に大きな影響を与えるものであるから，この回避のためには施肥方法の改善も一つの方途と考えられ，この点についても今後検討していきたい。

摘　　　要

十勝火山性高丘地土壌は，火山噴出物に由来する洪積層土壌の上に，沖積世に種々の火山から噴出，堆積した各種の火山性土より構成されている。この土壌は含有養分に乏しく，塩基置換容量が小さい上に，土壌中の微生物の数が少なく，その活動も他の土壌に比し盛んでないので，生産力も低い。

この土壌において，甜菜に尿素を施用すると，しばしば発芽が阻害され，その後の生育は遅延し，根収量の著しい減少を見る場合が多い。

著者らは，このことを尿素の土壌中における形態変化過程が甜菜の生育に好適でないためと考え，その理由を明らかにするため培養試験，その他の実験を行つた。

その結果は次のごとくである。

1）土壌に施用された尿素のアンモニア化は早春の気温ならびに地温が低い時期においても，比較的速かに進行し，分解生成されたアンモニアは他のアンモニア源に由来するものに比し，強固に土壌中に保持される。

2）本土壌中のアンモニアの硝酸化は，この季節においてはきわめておそい。

3）そこでアンモニアが蓄積する結果，表土の pH が高くなり，時にはアルカリ性をも呈する。このことは，甜菜の発芽阻害の主な原因の一つと思われる。

4）尿素の施用量が増すと，一層多量のアンモニアの蓄積が認められる。通常肥料は播種溝に施用されるので，その分布が不均一となりやすい。従つて尿素が高濃度に施用された個所では更にはなはだしい発芽阻害がおこるものと思われる。

5）この不良な硝化作用は，本土壌中の微生物の数が少なく，その活動が早春の低温により特に低下していることに起因すると思われる。

6）尿素を窒素肥料として単独に施用すると，甜菜が硝酸態窒素を強く要求するのに対して，その供給が不足なため，生育が遅延する。

7）後に温度が上昇するに至つて，硝化作用が活発となり，尿素施用土壌においても，多量の硝酸態窒素が生成される。この硝酸態窒素は，主に尿素より由来し，土壌中に残留していたアンモニアから生成したものと思われる。

8）かくて夏季には多量の硝酸態窒素が供給されるが甜菜の生育遅延を回復することができず，また低収量に終る。

9）これらのことから，硝酸化成作用に対する不良な条件下にある本土壌では，甜菜には尿素を硝酸態窒素肥料と共に施用することが必要であるということができる。

本報告を取まとめるに当り御教示をいただいた畑作部長西潟高一技官に深く感謝の意を表する。なお本報の1部は昭和34年4月6日　日本土壌肥料学会講演会において報告したものである。

引　用　文　献

1）BRAY R. H. (1942): Ionic competition in base-exchange reactions. J. Amer. Chem. Soc., 64, 954～963

2）BROADBENT F. E., K. B. TYLER, G. N. HILL, et al. (1957): Nitrification of Ammonical ferilizers

in some Califarnia soils. Hilgardia, 27, 247〜267. [Soils & Fertilizers, 21 (4), (1470)]
3) CONWAY E. J. (1950): 微量拡散分析及び誤差論(石坂譯) 134〜148
4) DUISBERG P. C and T. F. BUEHRER (1954): Effects of Ammonia and its oxidation products on rate of nitrification and plant gnowth. Soil Sci., 78 (1), 51〜56
5) 藤村利夫 (1952): 安水の肥効 北農, 19 (11), 376
6) HOFMANN Ed. und W. HUNNIUS (1955): Die Auswirkung verschiedener physiologischer-Düngung auf einige Faktoren der Bodenfruchtbarkeit z. pflangenernähr. Düng. u. Bodenk., 70, 104〜114
7) 細川定治 (1959): 甜菜の有害性窒素に関する研究 北海道農業試験場報告, 51, 14〜16
8) 鎌倉武富 編著 (1956): 尿素肥料詳説 54〜141
9) LEES H. and J H. QUASTEL, (1946): Biochimistry of, nitrification in soil. 1. Kinetics of, and the effect of poisons on, soil nitrications, as studys by a soil perfusion technique. Bio chem. J., 40, 803
10) MARTIN W. P., T. F. BUEHRER and A. B. CASTER (1942): Threshold pH value for the nitrification of aammonia in desert soils. Sail Sci. Soc. Amer. Proc., 7, 223
11) 永田武雄 (1957): 置換塩基の吸着力の相対値について 日・土・肥・誌., 28(7), 256〜261
12) 尾形 保・山本公昭 (1959): 発芽時の作物の代謝作用に及ぼす Biuret の作用について (第1報) 日・土・肥・誌., 29(12), 549〜554
13) 尾形 保・山田 良 (1959): 発芽時の作物の尿素による生育障害の原因について I. 土壌中における高濃度の尿素の變化 日・土・肥・誌., 30(1), 23〜28
14) 奥田 東・堀 士郎・高橋英一 (1959): 土壌に施用した各種アンモニウム塩の溶脱について 日・土・肥・誌., 30(4), 193〜199
15) RUSSELL E. J. and E. W. RUSSELL (1952): Soil conditions and plant gnowth, 203〜206
16) 潮田常三・後藤孝雄 (1953): 土壌中における尿素の行動に関する研究 I. 炭酸アンモニアの土壌による吸着について(講演要旨) 日・土・肥・誌., 24(補1), 12
17) WAKSMAN S. A. (1952): Soil Microbiology 182
18) 吉田 稔 (1952): 土壌の吸着能に関する研究(第1報) 日・土・肥・誌., 23(3), 213〜215
19) ―――― (1957): 同上 (第3報), 同上 28 (5), 195〜198
20) 吉田富男 (1956): 北海道における特殊土壌の微生物相 北農, 23 (12), 399

Résumé

The volcanic upland-soils in Tokachi area are formed by the several sorts of volcanic ashes erupted from different volcanoes in Alluvium Epoch. They are accumulated on diluvial soils which were also derived from erupted materials.

These soils have numerous unfavourable conditions, such as scarce amount of nutritive elements, for crops, low base-exchnange capacity, very small number and unvigorous activities of microorganisms as compared with other kinds of soils. So the productivity of the soil is very poor.

When urea is applied to sugar beet planted on there soils, usually the germination is hindered, the subsequent development is delayed and accordingly the root yields are comparativly small.
In view of these circumstances as the authors presumed that the process of transformation of urea in the soils might not be suitable for the sugar beet, they carried out several experiments to clarify the reasons, using incubation-tests and others.

The results can be summarized as follows:

1. The ammonification of urea which is applied into the soils proceeds rapidly even though both atmospheric and soil temperatures are low in early spring.

The ammonium nitrogen derived from urea is retained more completely in the soils than that from other sources.

2. The transformation to nitrate nitrogen from ammonium nitrogen occurs very slowly in this season.

3. As a result of ammonium accumulation, the pH value of the surface soil rises and sometimes shows a rather alkaline reaction. This fact is considered as one of the most important factors to slow down the germination of sugar beet.

4. The more the amount of urea applied, the more ammonium accumulation is observed. Usually fertilizers are dressed in the sowing row and they are not easily distributed uniformly. So there happens severe germination injury at the part where urea is applied heavily

5. It is suggested that the poor nitrification may bedue to the scant population of soil-microor-

ganisms in these soils and that their activities are checked by the low temperature in early spring.

6. When urea is used alone, as a nitrogenous fertilizer for sugar beet, the growth of the sugar beet would be retarded, because of the insuificient supply of nitrate nitrogen to sugar beet which urgently requires much nitrate nitrogen.

7. Afterwards, when the temperature rises, the nitrification becomes vigorous and a large amount of nitrate nitrogen can be found in the soil which is applied with urea. These nitrate nitrogens would be derived mainly from ammonium, which was transformed from urea and has been retained in the soils.

8. In such way, though abundant nitrate nitrogen is supplied in summer, it is too late to recover the delayed growth of sugar beet and a high yield of root can not be gotten.

9. From the above-mentioned results, it is necessary to use urea always with nitrate-nitrogenous fertilizer, when it is applied to sugar beet on these soils having extremely poor and bad conditions for nitrificiation.

泥炭土壌の化学的特性に関する研究

第1報　泥炭土壌の有機化学的組成について

松実成忠*・ 庄子貞雄*・ 吉田加代子*

CHEMICAL CHARACTERISTICS OF PEAT SOILS
I. ORGANIC COMPOSITION OF PEAT

By Shigetada MATSUMI, Sadao SHOJI and Kayoko YOSHIDA

I　緒　　論

北海道における泥炭土壌はその面積約20万ヘクタールに及び，火山性土壌や重粘性土壌と共に農業上の重要性から，いわゆる特殊土壌として本道での土壌肥料学の最も重要な調査研究の対象とされてきた。本道の泥炭土壌はその大部分が河川流域の平坦地に発達した沼野泥炭であり，諸外国に見られる山頂，山腹，あるいは岡の上にも発達するBlanket peat は認められていない。FRASER (3) によれば Blanket peat は冷温帯のきわめて湿潤な条件下で発達するいわゆる Zonal soil であるとしているが，その点本道に見られる泥炭土は地下水がきわめて高い河川流域の平坦地という local factor の影響を最も強くうけて発達した Intrazonal soil と見ることが出来よう。

地下水位がきわめて高い条件では，植物の繁茂枯死の結果蓄積する有機物の量はそれらの分解量をしのぎ，泥炭土壌の発達を結果するものである。しかしながら高い地下水と平衡を保ちつつ発達する泥炭土でも，その発達段階によつて性質を異にするものであり，また外的条件の変化，例えば河川のはん濫による土砂の混入，火山の爆発に伴う火山灰の降下，地盤の地質学的沈降，あるいは開墾耕作などによつて泥炭土壌の性質に変化をきたすものである。

本道においては泥炭土壌の分類には，ドイツ流の方式が採用され，高位泥炭土，中間泥炭土，低位泥炭土の３種に大別されてきた。しかしながらこれら３種の間には明確な一線をひけるものではなく，その性質において，多分に漸移的なもので，同時にこれらの泥炭土壌の構成植物においても同様であるといえよう。しかしながらいわゆる Indicative plant として支配的に見られる植物はミズゴケ (Sphagnum)，スゲ類 (Carex spp.) 及びヨシ (Phragmites) の３種であつて大部分の泥炭土壌はこれら３つの構成植物の量的な組合せと若干の他の付随植物の混在によつて成立しているといえるであろう。従つて泥炭土壌の本質を究明するに当つては，これら３種の構成植物を出来るだけ純粋な形で含んでいる泥炭土壌を取上げて行くことが望ましいことと考えられる。

泥炭土壌の有機化学的な組成については，WAKSMAN (13)が植物体組成に用いられていた分析法を修正し，これによつて泥炭土壌中の一定の化学性を持つた有機化合物の存在を明らかにすると共に，植物体から泥炭土壌への移行状態における変化について検討した。

その後，この WAKSMN の近似法は泥炭土壌の研究に広く用いられ，例えば FEUSTEL & BYERS (2) や WILSON & STAKER (14) は合衆国各州の代表的泥炭土の層序について，また山梨県(12)などは尾瀬ケ原泥炭層について泥炭土の種類及び深度による変化などについて検討を行つている。また市村氏（5）は有機物組成の分析法として STADINIKOFF 法を準用し，ミズゴケ，ホロムイスゲ，ワタスゲヨシ泥炭土とそれらの Original plant との間の有機組成の変化について検討を行つている。最近ブレーメン泥炭研究所の FRERCKS & PUFFE (4) は WAKSMAN の近似的土壌有機物分析法を用いて酸度の異なる泥炭土壌の有機物の分解過程を追求している。

しかしながら以上の報告では泥炭土の分解度については肉眼鑑定によつて分解度良，中，不良といつたばく然とした記載を行つているにすぎず，従つて泥炭土の分解過程と有機化学的成分との関係については充分な検討を加えられていないと考えられる。本報告ではこの点を考慮しつつ，先ず高い地下水位と平衡を保ちながら発達した分解度の異

* 農藝化学部　土壌肥料第２研究室

なる構成植物別の泥炭土壌と Original plent の間における有機化学的組成の変化について検討を行い，更に水田及び畑化という人間によつて新しい平衡関係に入つて行つた場合の泥炭土壌の特徴を WAKSMAN の近似的土壌有機物分析法によつて明らかにした結果について報告する。

II 実 験 方 法

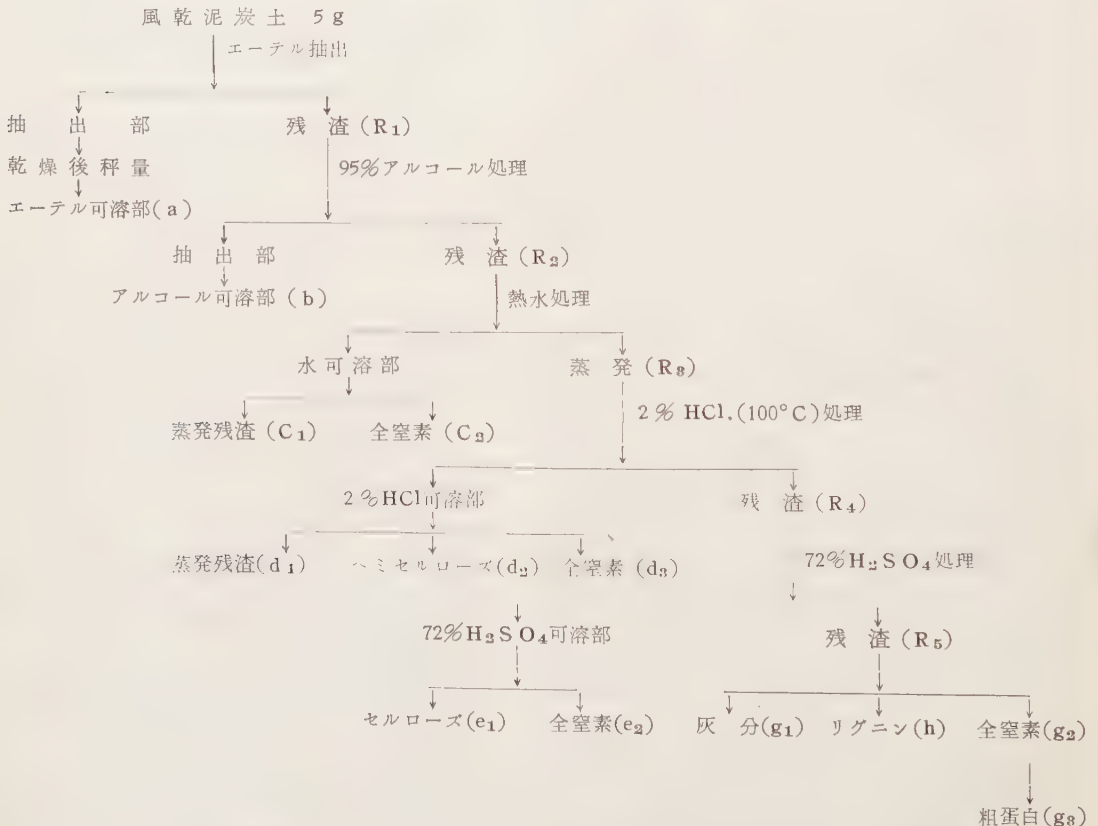
実験方法は WAKSMAN の近似的土壌有機物分析法を準用したもので，その大略は第1図に示した。先ず風乾泥炭土 5 g を円筒濾紙に採り，ソツクスレー中で16～24時間エーテル抽出を行つた後，抽出部を乾燥秤量してエーテル可溶部（a）とした。残渣（R_1）を 100ml の95%C_2H_5OH で 2～3 回抽出処理し，その抽出部を乾燥秤量してアルコール可溶部（b）とした。残渣（R_2）は100～250ml の熱水で1時間処理して濾過し，濾液の 1 部を採り蒸発残渣（C_1）を秤り，また 1 部をとり全窒素（C_2）を定量した。

熱水処理の残渣（R_3）は 70°C で乾燥秤量した後2% HCl 100～150 ml 加え reflux condenser をつけて 100°C で 5 時間処理した後，溶液を濾過し，残渣を遊離の酸が無くなるまで水洗し，洗液を合せて塩酸可溶部（d）とした。その一部をとり蒸発乾燥後秤量（d_1）し，一部をとり苛性ソーダで中和後還元糖を定量し，0.9 をかけてヘミセルローズ（d_2）とし，さらに一部をとり全窒素（d_3）を定量した。

塩酸加水分解の残渣(R_4)は 70°C で乾燥し，50m l の72% H_2SO_4 を加えて冷暗所に一夜放置し，蒸溜水を500 ml 加えて徐々に沸騰するまで加熱した。溶液を濾過し洗液に酸が無くなるまで水洗し濾液と合せて硫酸可溶部(e)とした。その一部をとり苛性ソーダで中和し還元糖を定量し,0.9をかけてセルローズ(e_1)とし全窒素を(e_2)とした。

硫酸加水分解の残渣（R_5）は 70°C で乾燥し秤量(f)した。その乾物の一部をとり，灰分（g_1）を定量し，一部をとり全窒素（g_2）を定量し，それに 6.25 をかけて粗蛋白（g_3）とした。f より灰分（g_1）及び粗蛋白（g_3）を差引いてリグニン（h）とした。

以上の測定値は試料の乾物及び有機物の 100 分率に換算表示した。



第 1 図　WAKSMAN の近似的土壌有機物分析法

Ⅲ 供 試 試 料

本試験に供試した泥炭土第1表は根室風蓮川流域の泥炭地より採取したものであり，その代表的断面図を第2図に示した。本泥炭土は最も厚いところでは3mにも達し深さ160から170cmのところに摩周系の火山灰層があり，その上下においては少なくとも2つの明らかな泥炭生成過程，すなわちヨシ泥炭からミズゴケ泥炭に発達する過程が認められる。また表層下30cmのにところはやはり摩周系の火山灰薄層が認められる。本泥炭土の生成ならびに性格については別に報告する予定である。

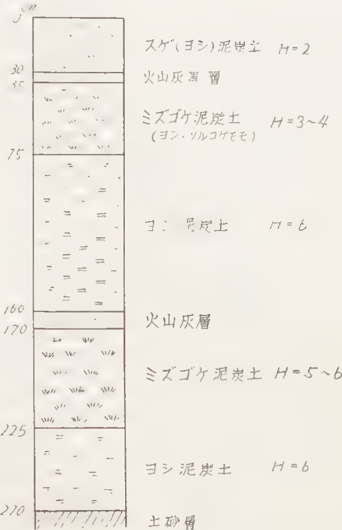
第1表　風蓮川泥炭土

試験番号	混在植物	von Post 法による分解度(H)	Sieve 法による分解度	有機物含量（乾土当）
ミズゴケ泥炭土				
100*)	—	—	—	93.3
101	—	1〜2	12.5	87.6
102	—	3〜4	42.3	77.4
103	スゲ	4	50.0	65.4
104	—	5〜6	42.9	69.8
スゲ泥炭土				
200*)	—	—	—	94.0
201	—	2	19.2	79.8
202	—	2〜3	31.8	66.7
203	ヨシ	3〜4	45.5	65.5
204	—	4〜5	42.9	68.9
ヨシ泥炭土				
300*)	—	—	—	93.5
301	スゲ	2	32.1	77.4
302	スゲ	3〜4	46.2	79.2
303	—	5	53.6	79.0
304	—	6	50.0	80.0

*) original plant

このような断面をもつ風蓮川泥炭地より得た試料中より von Post 法（7）によつて分解度の明らかに異なるミズゴケ泥炭土（101〜104），スゲ泥炭土（201〜204）ヨシ泥炭土（301〜304）それぞれ4点を選定した。また比較のためにそれらの泥炭土の Original plant であるミズゴケ(100)，スゲ(200)，ヨシ(300)をも供試した。表中にはこれらの泥炭土の有機物含量及び Sieve Analysis の結果をも記入した。

次に自然状態の泥炭土と対比するために北海道農業試験場美唄泥炭地研究室の水田及び畑原土3要素試験区とを供試し，またこれと比べるにため近接の未墾のミズゴケ(スゲ)泥炭土をも供試した。水田の3要素試験は昭和26年に始められ，すでに8年以上経過したものであり，畑3要素試験は



第2図　代表的風蓮川泥炭土の断面

大正9年に始まり現在すでに37年を経過したものである。また未墾美唄泥炭土は表層より10cm位のところに約1cmの樽前A統の火山灰層を含んでいるが採取せる未墾泥炭土は火山灰層を含んでいない下層の部位より採取したものである

Ⅳ 結 果 と 考 察

すでに述べたように本道の泥炭土は平坦地で地下水の影響を最も強く受けて発達した泥炭土で Intrazonal soil に属すると考えられ，外囲条件の変化がなければ，豊栄養泥炭土（Eutrophic peat）から中栄養泥炭土（Mesotrophic peat）をへて貧栄養泥炭土(Oligotrophic peat)へ向うのが一般的に認められているところである。その過程ではそれぞれの条件によつて特徴的な構成植物が見出される。Intrazonal soil としての泥炭土の生成過程及びその外囲条件との関係については別報にゆづることにして，本報では高い地下水と平衡を保つて生成し現在に至つた風蓮川泥炭地から選び出された分解度の異なる構成植物別の泥炭土についての分析結果について先ず考察を進める。第1表の分解度（H）は von Post 法によるものであつて，適量の湿潤泥炭土を握りしめ掌中の残渣量と状態及び搾汁の色別により10段階に区別するもので，分解度と泥炭土の理化学性との間に高い相関々係のあることはすでに報告したところである(7)。従つて von Post 法による分解度（H）は厳密ではないが本研究を進める上の1つの基準として差支えないと考えられる。なお表中の Sieve Analyse は200メッシュの篩を用い，水洗して流出する部分（分解が進んだ Colloid 状泥炭）の割合を求めたもので，Post 法分解

度と高い相関々係が認められているものである (7)。なおまた風蓮川泥炭土の特徴としては，灰分が割合高いことで同泥炭地の代表地点（22地点）よりの主な泥炭層79より採取した試料について行つた平均灰分含量は 36.5% であり，本実験に供試したミズゴケ泥炭土で平均約25%，スゲ泥炭土で約30%，ヨシ泥炭土で約20%となつている。これは第2図からも予想されるように摩周系火山灰の混入あるいは風蓮川の影響が考えられるようである。

風蓮川泥炭土について WAKSMAN 法を準用して分析した結果をそれぞれ乾物当り及び有機物当りの 100 分率で表示したものが第 2 表及び第 3 表である。

第 2 表　　風蓮川泥炭土の有機化学的組成（乾土当りの100分率）

試料	全窒素	エーテル可溶部	アルコール可溶部	水可溶部		塩酸可溶部			硫酸可溶部		塩・硫酸不溶部				
				蒸発残渣	全窒素	蒸発残渣	ヘミセルローズ	全窒素	セルロース	全窒素	全不溶部	灰分	全窒素	粗蛋白	リグニン
		(a)	(b)	(c_1)	(c_2)	(d_1)	(d_2)	(d_3)	(e_1)	(e_2)	(f)	(g_1)	(g_2)	(g_3)	(h)
ミズゴケ泥炭土															
100	0.86	1.71	4.30	2.43	0.012	36.71	24.49	0.37	11.97	0.10	24.20	3.62	0.279	1.74	20.7
101	1.08	2.99	1.84	4.18	0.071	32.61	15.88	0.45	15.60	0.22	32.45	8.23	0.375	2.34	30.2
102	1.11	2.50	1.52	3.92	0.050	27.95	9.52	0.42	9.45	0.26	46.46	12.92	0.375	2.34	33.5
103	1.62	2.55	1.90	1.98	0.065	21.72	8.17	0.48	6.26	0.28	57.88	23.57	0.753	4.71	34.5
104	1.56	2.83	1.87	3.93	0.060	20.93	6.40	0.39	5.14	0.15	58.94	14.27	0.705	4.41	44.7
平均値*)	1.34	2.72	1.78	3.50	0.062	25.80	9.99	0.44	9.11	0.23	48.93	14.75	0.552	3.45	33.22
スゲ泥炭土															
200	1.15	2.04	6.30	5.94	0.190	28.31	20.07	0.41	15.66	0.13	29.40	1.41	0.452	2.83	27.6
201	2.04	1.40	—	3.97	0.130	38.38	8.93	0.61	9.38	0.59	37.34	10.55	0.650	4.06	26.7
202	1.84	1.80	1.75	2.80	0.085	25.18	7.72	0.43	8.29	0.45	53.57	20.09	0.665	4.16	33.5
203	2.03	1.49	1.44	2.06	0.074	20.05	6.72	0.36	5.56	0.52	61.56	25.19	0.817	5.11	36.4
204	2.02	2.06	1.52	2.64	0.073	20.07	6.73	0.29	7.18	0.43	62.53	12.01	1.161	7.26	40.5
平均値*)	1.98	1.69	1.57	2.87	0.091	25.92	7.53	0.42	7.60	0.50	53.75	16.96	0.823	5.15	34.28
ヨシ泥炭土															
300	0.81	2.49	7.26	3.28	0.20	22.45	19.62	0.27	26.27	0.02	22.72	2.21	0.320	4.14	19.5
301	2.30	1.52	1.78	4.55	0.18	32.60	12.32	1.12	8.14	0.31	48.83	16.42	0.710	4.44	32.4
302	1.86	1.87	—	3.16	0.13	21.19	9.10	0.50	5.45	0.31	59.88	27.81	0.747	4.67	37.0
303	2.29	2.13	2.19	3.53	0.10	20.49	8.56	0.46	5.77	0.43	58.16	13.67	1.033	6.46	44.5
304	3.11	1.59	1.67	3.26	0.11	21.26	6.98	0.28	4.33	0.48	60.96	19.16	1.331	8.32	41.8
平均値*)	2.39	1.78	1.88	3.63	0.13	23.89	9.25	0.59	5.92	0.38	56.96	18.02	0.955	5.97	38.93

*) 平均値は各泥炭土の 1 から 4 までの平均である。

第 2 表の全窒素についてみれば，ミズゴケ泥炭土ではその平均が 1.34 %を示し， Original plant のミズゴケの 0.86 %よりも高くなつている。また同様の関係がスゲ泥炭土でもヨシ泥炭土でも見られ，いづれの泥炭土もその全窒素は Original plant よりも高く，またミズゴケが最低であることなどは市村氏らの既往の結果と一致するものである。 103 のミズゴケ泥炭土が 104 よりも全窒素が多いのはスゲが若干混じているためであろう。

有機化学的特性を検討するのに有機物当りに換算した第 3 表による方が良いと考えられるので，以下第 3 表について見ることにする。エーテル可溶部は脂肪酸，ワツクス様物質，レジンなどを含んでいるもので Original plant ではヨシが最大で，スゲ，ミズゴケの順に減じているが泥炭土では，ミズゴケ泥炭土の平均含量は3.65%，スゲ泥炭土 2.43%，ヨシ泥炭土 2.25 %，と順次低くなつている。分解度との関係を見ると，ミズゴケ泥炭土及びスゲ泥炭土では分解が進むにつれて漸次増加しているようであるが，ヨシ泥炭土ではそのような傾向が認められない。

アルコール可溶部はワツクス，タンニン，色素類，アルカロイド，高級アルコールなどを含んでいるものであるが，泥炭土間ではほとんど差が認められなく，また分解度との関係も明らかでない。しかしながらOriginal plant のミズゴケでは 4.60%，スゲでは 6.70%，ヨシでは 7.77%といづれもそれぞれの泥炭よりも約 2 倍から 3 倍も多いこと

第 3 表　風蓮川泥炭土の有機化学的組成（有機物当り100分率）

試　料	全窒素	エーテル可溶部	アルコール可溶部	水可溶部		塩酸可溶部		硫酸可溶部		硫酸不溶部			bitumin
		(a)	(b)	蒸発残渣 (c_1)	全窒素 (c_2)	ヘミセルローズ (d_2)	全窒素 (d_3)	セルローズ (e_1)	全窒素 (e_2)	全窒素 (g_2)	粗蛋白 (g_3)	リグニン (h)	(a+b)
ミズゴケ泥炭土													
100	0.92	1.83	4.60	2.60	0.013	26.23	0.40	12.82	0.11	0.30	1.86	22.17	6.43
101	1.23	3.41	2.10	4.77	0.081	18.13	0.51	17.82	0.25	0.42	2.63	34.48	5.51
102	1.44	3.23	1.97	5.07	0.064	12.31	0.54	12.22	0.34	0.48	3.00	43.32	5.20
103	2.48	3.90	2.91	3.03	0.099	12.50	0.73	9.58	0.43	1.15	7.19	52.78	6.81
104	2.23	4.05	2.68	5.63	0.085	9.16	0.56	7.36	0.21	1.01	6.31	64.01	6.73
平均値*)	1.85	3.65	2.42	4.63	0.082	13.02	0.59	11.75	0.31	0.77	4.78	48.65	6.07
スゲ泥炭土													
200	1.22	2.17	6.70	6.32	0.20	21.35	0.44	16.67	0.14	0.48	3.00	29.36	8.87
201	2.55	1.75	—	4.97	0.16	11.18	0.76	11.74	0.74	0.81	5.06	33.43	—
202	2.76	2.70	2.62	4.17	0.13	11.56	0.64	12.41	0.67	1.00	6.25	50.18	5.32
203	3.10	2.27	2.20	3.14	0.13	10.25	0.55	8.48	0.79	1.25	7.81	55.50	4.47
204	2.93	2.99	2.21	3.83	0.11	9.77	0.42	10.42	0.62	1.69	10.56	58.81	5.20
平均値*)	2.84	2.43	2.34	4.03	0.13	10.69	0.59	10.76	0.71	1.19	7.42	49.48	4.77
ヨシ泥炭土													
300	0.87	2.66	7.77	3.51	0.21	20.99	0.29	28.10	0.02	0.35	4.44	20.87	10.43
301	2.97	1.96	2.30	5.88	0.23	15.97	1.45	10.52	0.40	0.92	5.75	41.86	4.26
302	2.35	2.36	—	3.99	0.16	11.49	0.63	6.88	0.39	0.94	5.88	46.73	—
303	2.90	2.70	2.77	4.49	0.13	10.84	0.58	7.30	0.54	1.31	8.19	56.34	5.47
304	2.75	1.99	2.09	4.08	0.14	8.73	0.35	5.41	0.60	1.66	10.38	52.25	4.08
平均値*)	2.74	2.25	2.39	4.61	0.16	11.76	0.75	7.53	0.46	1.02	7.55	49.30	4.64

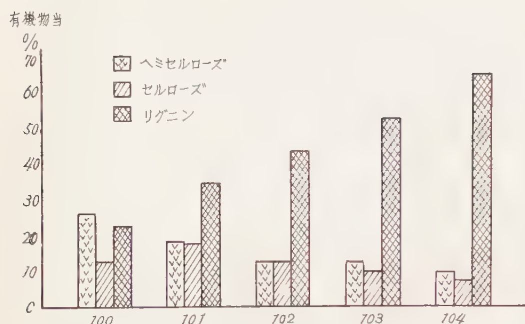
*）平均値は各泥炭土の 1 から 4 までの平均である．

及び植物間に差のあることが注目される。泥炭とエーテルアルコール，ベンゼンなど有機溶剤で浸出して溶出する部分を総称して bitumin と呼び，これについて触れている多くの研究があるが，市村氏（5）はこれを泥炭瀝青質物と訳出している。SALMI (11) はフインランドの多くの泥炭について検討した結果 bitumin は抽出剤及び抽出条件によつても異なるが，泥炭の種類によつて差があり，一般にミヅゴケは低く，スゲは高くまた概して分解度の大きいものが高い傾向にあることを報告している。本研究においてエーテル可溶部及びアルコール可溶部を一括してbituminとして示せば第3表中のごとくであるが Original plant としてはミズゴケに比し，ヨシ，スゲが高いが，泥炭の場合種類及び分解度との関係はあまり明らかではなかつた。

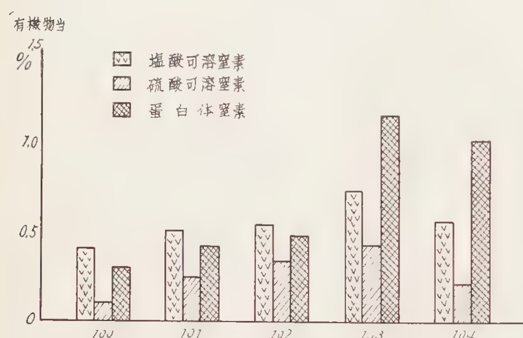
次に水溶性部分は糖類，アミノ酸，有機酸可溶性蛋白などを含んでいるといわれる。ミズゴケ泥炭土では平均4.63%，スゲ泥炭土では 4.03%，ヨシ泥炭土では 4.61%であり，分解度との関係も明らかでない。水溶性部分の全窒素はヨシ泥炭土で最も多く 0.16 %であり，スゲ泥炭土0.13%，ミズゴケ泥炭土 0.082 %と最少でヨシ泥炭土の半分であり分解度との関係はミズゴケ泥炭土では明らかでないが，スゲ，ヨシ泥炭土では分解度が大きくなるにつれて減少していることが見られる。

有機化学的組成中最も著しい相違と傾向は 2 % HCl 可溶部，72% H_2SO_4 可溶部及びその不溶残渣との間に認められ，その関係を明らかにするために第 3 〜第 8 図に示した。

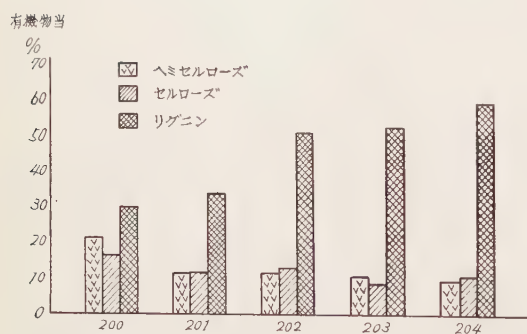
2 % HCl で加水分解を受ける部分はいわゆる易分解性部分であり，この可溶部中の還元糖を定量して，測定値に 0.9 をかけてヘミセルローズとしているが，その加水分解によつて得られる糖類は多く，galactose, glucose, mannose arabinose, xylose 及び fucose などが見出されており，また多くのアミノ酸も認められている（1）。本実験における Original plant のミズゴケのヘミセルローズは 26.23%，分解度最小の101ミズゴケ泥炭土では18.13%となつており以下分解度が大きくなるにつれて漸減し，104 では 9.16%と減少している。同じような傾向がスゲ泥炭土及びヨシ泥炭土の間にもみられ，易分解性部分であるヘミセルローズが，分解に伴なつて消失することが認めら



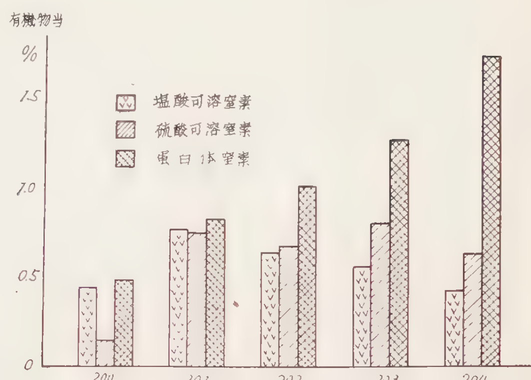
第 3 図　ミズゴケ泥炭土のヘミセルローズ，セルローズ及びリグニン含量



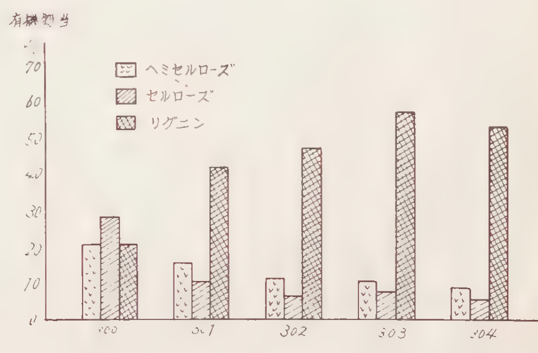
第 4 図　ミズゴケ泥炭土のN—フラクション



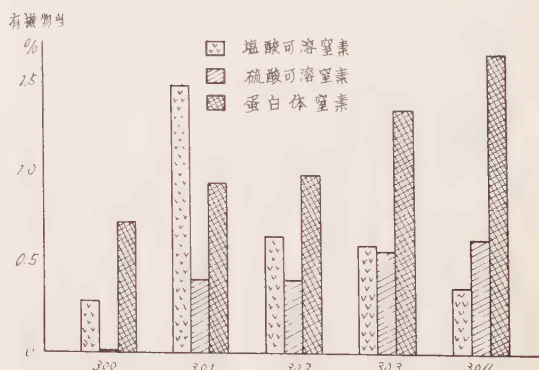
第 5 図　スゲ泥炭土のヘミセルローズ，セルローズ，及びリグニン含量



第 6 図　スゲ泥炭土のN—フラクション



第 7 図　ヨシ泥炭土のヘミセルローズ，セルローズ及びリグニン含量



第 8 図　ヨシ泥炭土のN—フラクション

れる。

塩酸加水分解性の窒素部分をみると，ミズゴケ泥炭土では平均 0.59%，スゲ泥炭土では 0.59%，ヨシ泥炭土では最も多く 0.75 %となつている。またスゲ及びヨシ泥炭では分解が進むに伴つて，HCl 可溶性窒素分は逓減していることがみられるが，ミズゴケ泥炭では，Original plant のミズゴケは最低であるが分解度との関係は明らかでない。

次に72% H_2SO_4 可溶部分について，その中の還元糖を測定し 0.9 を乗じセルローズとしたのであるが硫酸加水分解によつて出て来る糖類には galactose, glucose, mannose, arabinose xylose 及びわずかの fucose が認められており，また窒素部分には各種アミノ酸が含まれている(1)。本実験における セルローズ含量は平均として ヨ

シ泥炭土が最少で 7.53%，ついでスゲ泥炭土の 10.56%，ミズゴケ泥炭土が 11.75%で最大となつている。分解度との関係はヘミセルローズと同じように分解度が大きくなるにつれて減少することが明らかである。

FEUSTEL ら（2）及び STAKER ら（14）は，ヘミセルローズ及びセルローズ部分は泥炭構成植物の成分中 40〜50%を占めるもので，泥炭ではミヅゴケが最大であると述べている。本研究でもミヅゴケが最大であつたが，前述のごとくこれら両成分は分解によつて大いに変化するもので，泥炭の種類別よりもむしろ分解度別の差が大であることが明らかである。

硫酸可溶窒素部分について見ると平均値はミズゴケ泥炭土では 0.31 %，スゲ泥炭土で 0.71 %，ヨシ泥炭土で 0.46%となつていて，Original plant の含量はいづれも平均値よりも低く，分解度との関係を見ると，ミズゴケ泥炭土，スゲ泥炭土で明らかではないが，ヨシ泥炭土の場合には分解が進むにつれて増加することが見られる。このことは塩酸可溶部分と全く反対の傾向であり，今後の検討を必要とする。

最後に 72% H_2SO_4不溶部分についてみると，この部分はフミン体とも呼ばれ，きわめて安定であると考えられている。この部分に存在する窒素に 6.25 をかけて粗蛋白としており，炭水化物はリグニンとされている。Original plant の窒素部分はミズゴケで 0.30 %，スゲで 0.48%，ヨシで0.71 %といづれもそれぞれの泥炭土より少ない。この窒素すなわち粗蛋白はいずれの泥炭土でも分解度が大きいものほど多いことが明らかである。窒素の平均値を見るとミズゴケ泥炭土が最低で 0.77 %，スゲ泥炭土が 1.19 %，ヨシ泥炭土が最高で 1.21 %となつている。リグニンについても窒素と全く同様な傾向が分解度との間に認められる。このことは Original plant の易分解性部分が微生物に分解されて安定な不溶部分が蓄積することを示していると考えられよう。またこれらの塩酸加水分解部分，硫酸加水分解部分と不溶部分，すなわち易分解性のヘミセルローズ及びセルローズと安定なリグニンとについてこれらの相互の関係を見ると，第３，５，７図から明らかなようにヘミセルローズとセルローズは泥炭土の分解度が進むにつれて減少し，それと全く対照的にリグニンは増加することがミズゴケ，スゲ，ヨシの各泥炭土に見られるのである。

窒素部分について見ると，ミズゴケ泥炭土では，塩酸加水分解部分，硫酸加水分解部分及び粗蛋白部分の間には相互の増減の関係は明確でなく，分解度が進むにつれて，全体的に各部分が一様に増加している。これに対してスゲ泥炭土では，分解度の低いものでは硫酸加水分解性窒素＜塩酸加水分解性窒素＜蛋白体窒素の関係が認められるが，分解度の大きいものでは塩酸加水分解部分が減少し，蛋白部分が非常に多くなり，塩酸加水分解性窒素＜硫酸加水分解性窒素≪蛋白体窒素となる。ヨシ泥炭土では分解度の小さい場合塩酸加水分解性窒素がきわめて大きいが，分解度が大きくなると，スゲ泥炭土の場合と全く同じような関係のあることが見られている。以上のことから泥炭土が分解するにつれて，安定な蛋白部分が増加し，易分解性窒素が減少することが明らかで，これらの窒素の変化については，各fruction 中の窒素を泥炭中の全窒素中の割合（%）で示した第4表についてみると明らかである。

第 4 表　各 fractim 窒素の全窒素中の割合

	全窒素	水可溶部	塩酸可溶部	硫酸可溶部	硫酸不溶部
ミヅゴケ泥炭土					
100	100.0	1.4	43.4	11.9	32.6
101	100.0	6.6	41.5	20.3	34.1
102	100.0	4.4	37.5	23.6	33.3
103	100.0	4.0	29.4	17.3	46.3
104	100.0	3.8	25.1	9.4	45.2
平均値	100.0	4.4	31.9	16.8	41.7
スゲ泥炭土					
200	100.0	16.4	36.1	11.5	39.4
201	100.0	6.3	29.8	29.0	31.8
202	100.0	4.7	23.2	24.3	36.2
203	100.0	4.2	17.8	25.5	40.4
204	100.0	3.8	14.3	21.1	57.6
平均値	100.0	4.6	20.8	25.0	41.9
ヨシ泥炭土					
300	100.0	24.1	33.3	2.3	40.2
301	100.0	7.8	48.9	13.5	31.0
302	100.0	7.0	27.5	17.0	41.0
303	100.0	4.5	20.0	18.6	45.2
304	100.0	5.1	12.7	21.8	60.4
平均値	100·0	9.7	27.4	16.8	43.6

第 5 表　炭水化物部分と窒素部分の比

	塩酸加水分解部分	硫酸加水分解部分
ミツゴケ泥炭（平均値）	22.1	37.9
スゲ泥炭（平均値）	18.1	15.2
ヨシ泥炭（平均値）	15.7	16.4

さらに各泥炭土の塩酸加水分解部分及び硫酸加水分解部分においてその平均値について，炭水化物と窒素分との比をとつて見ると第５表のごとくになる。ミズゴケ泥炭土がその窒素部分が少く，且つ炭水化物との比の大きいことは窒素の無機化過程あるいは transformation にきわめて重要な関係のあることが予期される。このことについて

第 6 表　　水田及び畑泥炭土の有機化学的組成（乾土当りの100分率）

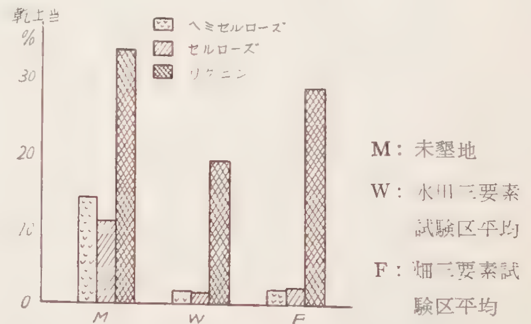
試料	全窒素	有機物	エーテル可溶部 (a)	アルコール可溶部 (b)	水可溶部 蒸発残渣 (c1)	水可溶部 全窒素 (c2)	塩酸可溶部 蒸発残渣 (d1)	塩酸可溶部 ヘミセルローズ (d2)	塩酸可溶部 全窒素 (d3)	硫酸可溶部 セルローズ (e1)	硫酸可溶部 全窒素 (e2)	硫酸不溶部 全窒素 (g2)	硫酸不溶部 粗蛋白 (g3)	リグニン (h)
畑泥炭土														
完全区	1.51	66.5	1.87	1.96	1.91	0.019	21.28	1.96	0.13	2.52	0.23	0.692	4.33	30.2
無肥料区	1.37	52.4	1.26	2.09	1.35	0.030	20.99	1.56	0.20	2.22	0.21	0.602	3.77	26.0
無窒素区	1.45	51.0	1.15	1.56	1.63	0.023	22.32	1.95	0.22	2.16	0.14	0.627	3.92	29.7
無燐酸区	1.34	52.7	1.10	1.57	1.48	0.039	21.71	2.04	0.15	2.47	0.22	0.637	3.97	3.01
無加里区	1.31	54.1	1.37	1.68	1.63	0.025	22.74	1.96	0.22	2.20	0.10	0.438	2.76	27.4
平均値	1.39	55.34	1.35	1.75	1.60	0.027	21.81	1.89	0.18	2.31	0.16	0.599	3.75	28.68
水田泥炭土														
完全区	1.45	35.3	1.26	0.85	—	—	23.81	2.11	0.43	1.77	0.29	0.522	3.27	20.0
無肥料区	1.39	32.9	1.21	0.97	—	—	24.35	1.68	0.30	1.68	0.29	0.542	3.38	17.4
無窒素区	1.43	34.2	0.89	0.74	—	—	21.33	1.50	0.26	1.45	0.24	0.603	3.77	19.3
無燐酸区	1.73	35.1	1.12	0.40	—	—	24.66	1.81	0.39	1.63	0.27	0.502	3.14	19.0
無加里区	1.27	36.0	0.80	0.82	—	—	25.60	1.69	0.33	1.47	0.18	0.501	3.13	18.5
平均値	1.45	34.70	1.06	0.76	—	—	23.95	1.76	0.34	1.60	0.25	0.534	3.34	18.84
未墾地泥炭	1.06	93.93	0.79	2.35	1.45	0.054	23.72	14.12	0.34	11.25	0.23	0.455	2.84	33.7

は追つて次報で報告する予定である。

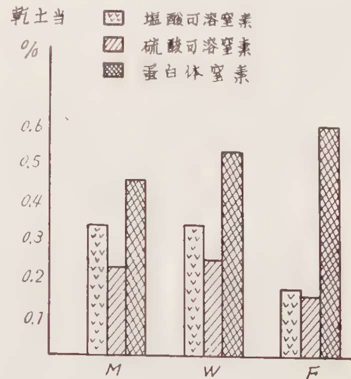
自然状態で高い地下水位と平衡を保ちながら発達した泥炭土が一度人為的にこの平衡が破られて，農耕地にされたときの変化はきわめて大きいことは当然予想されるところである。畑状態では先づ排水が行われ，酸性が矯正されて年間を通じ酸化的となり，微生物活動に好都合な条件がもたらされる。一方水田でも，排水施肥され，稲作期間は湛水されるが，水の流通が良く，また落水期間には酸化的に保たれ，自然状態の泥炭土とはきわめて条件が異なるものであろう。開墾後の泥炭土壌の変化についていわゆる〝土壌の熟爾化過程〟の見地から松実（8，9，10，）による研究結果が報告されている。

第6表及び第9，10図は北海道農業試験場泥炭地研究室の畑及び水田原土3要素試験区及びそれぞれ近接した未墾のミズゴケ（スゲ）泥炭土について分析した結果を示したものである。未墾泥炭土は水田及び畑の試料とその起源を同じくするものと考えてさしつかえないものであろう。

施肥の相違にもとづく泥炭土壌の性質の相互の比較はこの近似的分析法では厳密を期し難いのでそれぞれの5区の平均について比較考察してみれば，乾物当りの全窒素は畑土壌において少なく，1.392%であり，水田では 1.454%である。大きな違いは有機物含量についてみられる。畑では開墾後37年以上経過しているにかかわらず，55.34 %の有機物を有し，水田では開墾後約10年にして 34.70 %の有機物，すなわち全体の約2/3 は灰分である。このことは有機物の分解に伴う無機物の増加とは考えられず，灌漑水に



第 9 図　未墾，水田，及び畑泥炭土のヘミセルローズ，セルローズ及びリグニン含量



第 10 図　未墾，水田，及び畑泥炭土のN—フラクション

よつて搬入された結果と考えられる。泥炭土は丁度濾紙のごとき濾過作用を持つており，灌漑水によつて運ばれて来た無機物がほとんど作土層に留るためであろう。

アルコール可溶部分は畑土壌については水田の約倍量ある。次に塩酸可溶部，硫酸可溶部，及びその不溶部分について見れば，第9図から明らかなように未墾のミズゴケ(スゲ)泥炭土と水田及び畑の土壌とでは大きい相違が認められる。すなわち水田及び畑化によつて易分解性のヘミセルローズ及びセルローズ部分はほとんど消失し，安定なリグニン部分が著しく増加する。このことは市村ら（6)が，低位（ヨシ），中間（ヌマガヤ，ワタスゲ，ヨシ）及び高位（ホロムイスゲ，ミズゴケ）泥炭を供試し，ポツトにてそれぞれの酸性不矯正， pH 6.0 矯正， pH 7.0 矯正区について，えん麦を栽培した前後の泥炭の有機物組織を検討した結果とよく一致している。

一方窒素部分について見ると，未墾土壌のミズゴケ(スゲ）泥炭土では，硫酸加水分解部分<塩酸加水分解部分<蛋白部分の傾向が水田及び畑化によつて塩酸及び硫酸加水分解部分は接近し蛋白体部分に比して著しく減少する。特に畑土壌では蛋白部分に対して加水分解部分は半分にもみたないのである。このような傾向は同じミズゴケ泥炭土の 101 から 104 の変化は対して比べものにならない。ほど大きいものといえよう。

V 要 約

高い地下水位と平衡を保ちながら発達した分解度の異なるミズゴケ泥炭土，スゲ泥炭土，ヨシ泥炭土と，そのような平衡が水田及び畑化によつてやぶられて新しい平衡関係に入つて行つた場合の泥炭土の特徴を Waksman の近似的土壌有機物分析法によつて有機化学的組成の面より明らかにした。

エーテル可溶部はミズゴケ，スゲ泥炭土では泥炭土の分解が進むにつれて増加するのに対して，ヨシ泥炭土ではそのような傾向は明らかでない。アルコール可溶部は泥炭土間にも分解度との間にもはつきりした傾向は認められないが，Original plant のアルコール可溶部の量はいづれの泥炭土よりも高く2ないし3倍となつている。

水溶性窒素はきわめて少ないが泥炭土間にはつきりした差が認められ，ミズゴケ，スゲ，ヨシ泥炭土の順に増加するが，またスゲ及びヨシ泥炭では分解度が大きくなるにつれて減少する。

最も顕著な差は塩酸可溶部，硫酸可溶部，及びその不溶残渣部に認められる。易分解性部分と称されるヘミセルローズ及びセルローズは泥炭土の分解度が大きくなるにつれて減少し，それと全く対照的に安定なリグニンは増加する。ヘミセルローズ含量の平均は 12.3 %前後であるが，セルローズ含量はミズゴケ泥炭土からスゲ，ヨシ泥炭土に向つて減少している。リグニンは有機物の大半をしめる。

塩酸可溶部の窒素の平均値はヨシ泥炭土が他より若干多い。ミズゴケ泥炭土では分解度との関係は明らかでないが，スゲ，ヨシ泥炭土では分解が進むにつれて減少することが注目される。硫酸可溶部の窒素はヨシ泥炭土が最も多く，ついでスゲ，ミズゴケ泥炭土となつている。分解度との関係はヨシ泥炭土でのみ明らかであつて分解度と共に増加する。蛋白体窒素はヨシ泥炭土で最高であり，ついでスゲ，ミズゴケ泥炭土となつている。分解度との関係はいずれの泥炭土でも明確であつて分解の進んだ泥炭土ほど多くなつている。

塩酸可溶部，硫酸可溶部及びその不溶部の窒素の相互関係についてみると，ミズゴケ泥炭土では分解度が大きくなつても一様にこれらの窒素が増加するだけであるが，スゲ泥炭土では分解度の小さいものでは硫酸可溶<塩酸可溶<蛋白体窒素の関係が見られ，分解度が大きくなるにつれて塩酸可溶部の窒素が減少し，蛋白体窒素が増加して，塩酸可溶<硫酸可溶≪蛋白体窒素となる。この関係はヨシ泥炭土の場合には一層顕著である。

各可溶部分の炭水化物と窒素の比について傾向が認められ，ヘミセルローズと塩酸可溶の窒素の比はミズゴケ泥炭土で最大であり，スゲ，ヨシ泥炭土では順に減少する。セルローズと硫酸可溶部の窒素はミズゴケ泥炭土でやはり最大であり，ヨシ，スゲ泥炭土では大差ない。易分解部分のこのような関係は泥炭土の窒素の無機化過程と密接に関係していることが予期されるのである。

開墾して水田及び畑化された泥炭土の性質の変化はきわめて大きい。水田では灰分が全土壌の約⅔をしめ，畑では約半分となつている。易分解性有機物は極端に減少し，リグニンが増加する。未墾の泥炭土では硫酸可溶部窒素<塩酸可溶部窒素<蛋白体窒素の関係が認められるが，開墾耕作によつて硫酸，塩酸可溶部の窒素は著しく減少し，蛋白体窒素が増加する。特に畑土壌では蛋白体窒素に対して易分解性の窒素が少く，半分にもみたない。このように農耕の泥炭土の性質の変化に対する影響は地下水の高い自然状態での分解過程に比較にならないほど強力であることが明らかである。

文 献

1) Black W. A. P, et al : International Peat Symposium, Dublin (1954)
2) Feustel I. C., and H. G. Byers : U. S. D. A. Tech. Bull. No. 214 (1930)
3) Fraser G. K. : International Peat Symposiwm Dublin (1954)
4) Frercks W. and D. Puffe (1958) Zeit. Pflanz Düng. Bodenk. 83, 7〜27

5) 市村三郎：土肥誌 25, 249 (1955)
6) 市村三郎・西田正男・七海頁：札幌農林学会報 第28年 第 136 号 (1937)
7) 松実成忠・庄子貞雄・吉田加代子：北海道農業試験場彙報 72 (1957)
8) 松実成忠・北海道農業試験場彙報 69号, 1 (1956)
9) 松実成忠： 同上, 69号 8 (1956)
10) 松実成忠： 同上, 72号 103 (1957)
11) SALMI M.: Geologinen Tutkimuslaitos Bulletin de la Commission Geologique de Finland No. 145, (1949)
12) 山県登・山県頴子：土・肥・誌.,27: 115 (1956)
13) WAKSMAN S. A. : Soil Sci. 26. 113 (1928)
14) WILSON B. D., and E. V. STAKER : Cornell Unir. Agr. Exp. Sta. Memoir 194 (1933)

Summary

Most of the peat lands in Hokkado island are distributed in the basins of rivers and the peat soils are intrazonal in their formations. Though there are a great many constituent plants, three viz., sphagnum, carex and phragmites are dominant and common in the soils of Hokkaido. In order to characterize the peat soils, it is most helpful to deal with the soils having different degrees of humification which have been derived from pure original plants, sphagnum, carex and phragmites, respectively.

In the present paper, WAKSMAN's method of proximate analysis was used to determine the chemical composition of the peat soils.

The ether-soluble fraction increased with an increase in the degree of humification of sphagnum and carex peats. Though the alcoholsoluble fraction was much greater in each original plant than in its peat, there was no definite relationship between the humification degree and the quantities of the fraction.

The amounts of water-soluble nitrogen were quite small in the order of sphagnum $<$carex $<$ phragmites peats and decreased with increasing of the humification degree in the case of carex and phragmites peats.

The most distinct differences and tendencies were noted concerning 2 %HCl-soluble fraction, 72 % H_2SO_4-soluble fraction, and the residue.

The so-called easily decomposable fractions, hemicelluloses and celluloses decreased and, on the contrary, the stable lignin fraction increased with an increase in the degree of humification.

The quantities of 2 % HCl-soluble nitrogen of phragmites peats were a little greater than the others. The amounts of 72% H_2SO_4-soluble nitrogen and protein-nirogen were in the order of sphagnum$<$carex$<$phragmites peats and decreased with increasing degrees of humification in the cases of carex and sphagnum peats.

Comparing the quantities of nitrogen of each fraction, the writers found that the poorly decomposed carex and phragmites peats had the following tendency. 72% H_2SO_4-soluble nitrogen $<$2 % HCl-soulube nitrogen$<$protein-nitrogen. However, the well decomposed soils showed 2 % HCl-soluble nitrogen $<$ 72% H_2SO_4-solublenitrogen$\leqslant$ protein-nitrogen.

The ratios of the amounts of reducing sugars to nitrogen in the easily decom-posable fractions were characteristic. Sphagnum peats had the greatest ratios of hemicelluloses to nitrogen in 2 % HCl-soluble fraction and of celluloses to nitrogen in 72% H_2SO_4-soluble fraction.

Reclamation and many-year cultivation have brought great changes in the chemical composition of peat soils.

The amounts of mineral materials increased and most of the easily decomposable fractions have disappeared. The original virgin carex-sphagnum peat contained more 2 % HCl and 72% H_2SO_4-soluble nitrogen in the order of 72% H_2SO_4-soluble nitrogen $<$2 % HCl-soluble nitrogen protein-nitrogen. On the contrary, the cultivated peat soils showed much less amounts of easily decomposable nitrogen.

北海道における水稲栽培法の比較

三宅正紀*・星　　忍**

COMPARISION OF RICE CULTURE SYSTEMS IN HOKKAIDO

By Masanori MIYAKE and Shinobu HOSHI

緒　　言

北海道の稲作は明治初年府県より導入された水苗移植法に始まり，明治末葉には直播器が発明され，以後直播法が広く行われた。昭和年10以降に至つて保護苗移植法の工夫改良がなされ，昭和30年にはこれによる作付面積が全体の8割を占めるまでになつた。[1)2)]

これら3栽培法による水稲の生育を比較した試験としては昭和24年に当場作物部吉野氏ら[3)]によつて作物生態学的見地より行われているのであるが，筆者らは3栽培法の作物栄養生理学的な特質について検討を行い，これが変遷の理由などについて明らかにし，本道における水稲栽培法合理化の基礎資料を得ようとして以下の試験を行つた。

試　験　設　計

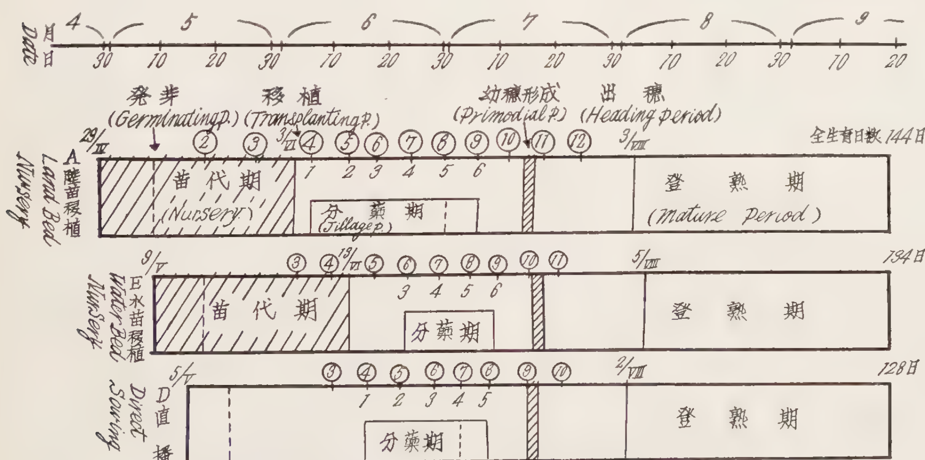
試験区		1株個体数
陸(冷床)苗移植区	A	3
	B	8
直播区	C	8
	D	15
水苗区	E	8

供試品種　「栄光」(中生穂数型)

22.7 (7.5)×22.7cm (7.5寸)，正条植，3.3m² (1坪) 64株

施肥量　10アール当り，堆肥 750kg，硫安 25kg，過石33kg，硫加6kg，魚粕15kg

冷床苗代は保護苗代のうち本道で最も普通に行われているものである。A，D，E，の各区はそれぞれの栽培法について慣行に近い1株個体数のもので，B，C区は，1株個体数の違いによる生育相の変化を一応除外して考察するときのためにそれらを揃えた区である。なお直播区では3葉期（6月10日）に1株個体数を揃えた。その他の耕種法は慣行に従つた。



注）　枠の上段は主稈出葉日（Date of emergence of main stem leaf）
　　　下段は1次分蘖出現日（Date of emergence of Primary tiller）

第1図　生育期節図

結果及び考察

1) 生育概況

本試験を行つた1955年（昭.30)の本田生育の前・中期は高温多照，登熟期間は逆に多雨寡照の条件下に推移した。

第1図に各区の生育相の推移を示した。本図において

---

* 土壌肥料第2研究室　** 土壌肥料第3研究室

主稈のある葉位の葉が区内の全茎の5割程度に出葉した日をもつてその葉の出葉期として円内に葉位を記入し，対応する1次分蘖の号数を片山氏の[4]表によつてその下部に記入した。また分蘖の出現する期間を分蘖期としてあるが，実際には対応する主稈葉より遅れて出る分蘖もあるので，分蘖期は図に示したよりも若干後に長いはずである。

本図によると全生育日数が3栽培法で異なり，これが主として幼穂形成期までの日数の差に由来していることがわかる。分蘖期間は陸苗区が一番長く，次いで直播区，水苗区の順になつている。直播区は播種，発芽期が水苗区よりも1週間以上遅いにもかかわらず，移植操作を伴わぬため分蘖開始が逆に1週間近く早まつているのは注目すべきである

2) 主 稈 葉

第1図で主稈出葉期をみると，移植をする区は移植日をはさんだ出葉間隔がそれ以後の出葉間隔より長い。また主稈の葉身長（第2図）についてみても，直播区の葉身長が葉位を追つてほぼ直線的に長くなつているのに反し，A区の **4/0**，**5/0**，E区の **5/0**，**6/0**，**7/0** のごとく，移植後に出現する葉の伸長が抑えられているようにみえる。これらの事実は苗代後期における栄養条件の劣化ならびに移植後の生長の停滞[5]を示すものであろう。

同一葉位の葉身長を比較すると，直播区と水苗区ではほぼ等しく，陸苗区は，**4/0**，**5/0** を除いてはるかに長い。これは苗床でよく保護された環境で育てられ，苗代期の葉身長がすでに他より長く，且つ栄養的にもより高いポテンシヤルを持つて移植されるので，本田においても，より長い葉をつくるものと考えられる。

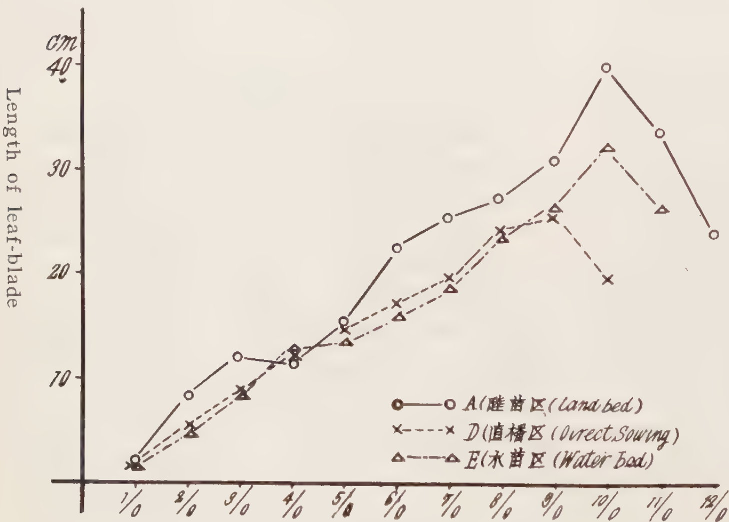
葉身長の最も長い葉，A，E区の **10/0**，D区の **9/0** の出現は丁度幼穂形成期の前にあたり，おおよそ3区共その時期が一致している。すなわち直播栽培では生育期間が短いので，葉数が1枚少なくなつているわけである。なお，止葉々位はA区は大部分**12/0**で若干の **11/0** の個体があり，D区はほとんどすべが **10/0**，E区はほとんど **11/0** で若干の **12/0** 個体を混えていた。

田中氏[6]が述べているごとく水稲の生育は次々に出る葉の生育の連鎖よりなり，ある時期の器官の形成はそれ以前に存在した葉によつて条件づけられるものである。ここで穂の大きさを決定することに関与すると考えられる陸苗区，水苗区の **6/0**,**7/0**,**8/0**,**9/0**，直播区の **5/0**，**6/0**，**7/0**，**8/0** の長さの合計を比較すると，A 105＞ E84＞D75cm である。一方主稈の穂の総粒数は A 101＞ E77＞D54 粒で，この順序が上と一致する。このことは小さな体が小さな穂をつくることを示し，直播稲の穂が小さいことは，穂をつくるまでの生育日数が短く，且つ生育初期に保護されていないため大きな体をつくることが出来なかつた結果である。

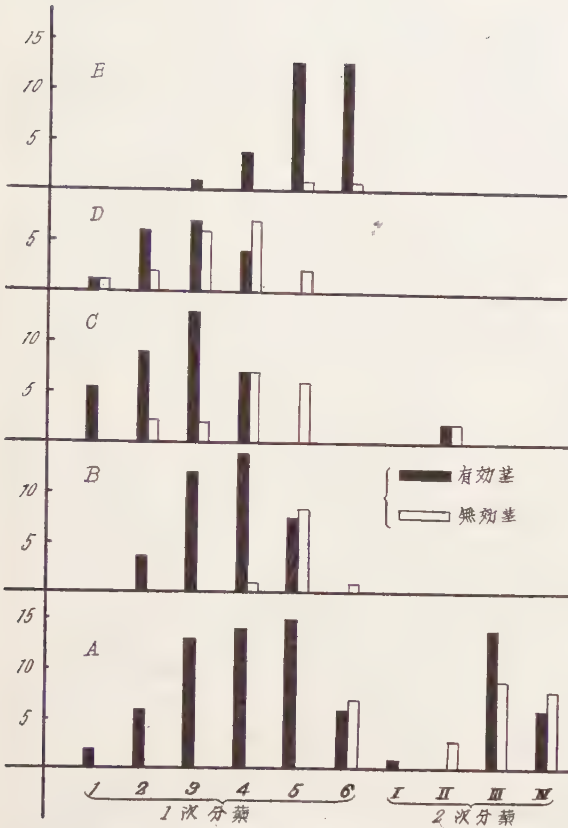
3) 分 蘖

伸長期に抜取つた各区15個体について，有効茎，無効茎の数を節位別に示したのが第3図で，Ⅰ～Ⅳは1次分蘖の1～4より出た2次分蘖であることを示す。分蘖発生の様相は栽植の密度に影響されるところが大なので，1株8個体区と慣行区とを別々にみることにする。

陸苗区は分蘖期間が長いので分蘖節位は主稈に6つある。**1** は苗床で発生を始めるものであるがA区では生存することがあり，B区のごとく密になるとほとんど枯死するもののごとくである。また2次分蘖はA区にのみ生じている。優勢な次位は **3**・**4**・**5** で活着後に大きくなる分蘖である。B区で **5** が半分以上無効化しているのは **8/0** 期ころより株間の生育の競合がはげしくなつていることを示すものであろう。A区ではその時期は1葉ずれて**9/0**となつているわけである。直播区は移植による生長の停滞がないから **1** の分蘖より出現し **2**・**3**・**4** が優勢節位であるが，どの節位にも無効茎が生じている。D区に無効茎の多いことはもち論密播のためであるがC区のごとく，B区と同じ密度でも無効茎歩合が大であることは，直播株では各個体の生育が不均一で始めによい条件を



第2図 主稈葉位別葉身長



第 3 図　15個体当り節位別茎数（伸長期）

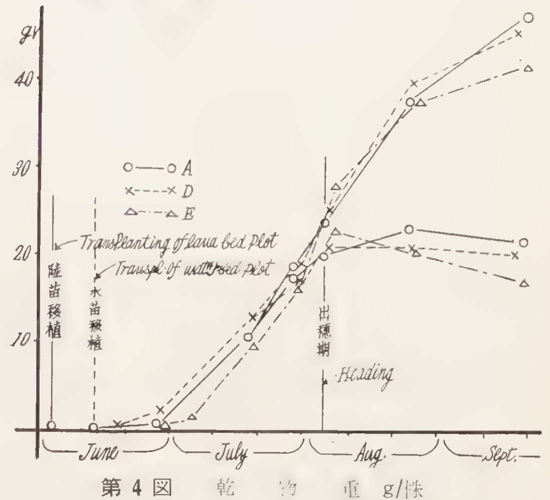
獲得した個体はよく生育出来るが，弱いものは主稈のみをのこす程度で分蘖を出してもすぐ枯死するという事情によるものである。それゆえ，苗を移植するという操作は初期の生育を揃え無効茎の出来るのを防ぐという意味を持つているわけである。水苗区は陸苗のごとく苗代で分化する分蘖である **1・2** を発生させる力を持つていない。また活着後に出る **3・4** も少なく，**5・6** が優勢になつている。しかして無効茎はきわめて少ない。それゆえ籾藁比すなわち栄養体に対する子実の生産量という点からみると，水苗区は一番能率がよいという結果になつた。

第 1 表　節位別 1 穂粒数

	1次分蘖							2次分蘖			
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	平均
A	101	—	16	67	95	76	43	3	14	25	72
B	87	—	3	19	58	37	—	—	—	—	60
C	63	17	40	46	14	—	—	—	2	—	50
D	54	3	24	22	3	—	—	—	—	—	42
E	77	—	—	5	25	55	40	—	1	—	63

第 1 表の節位別の 1 穂粒数と第 3 図を比べると，有効茎の発生頻度のたかい節位の分蘖は，1 穂粒数もまた多いことがわかる。もち論これは茎の有効，無効を決定するような因子がそのまま幼穂の発達にも影響を及ぼすということを示すものである。

4）乾　物　重



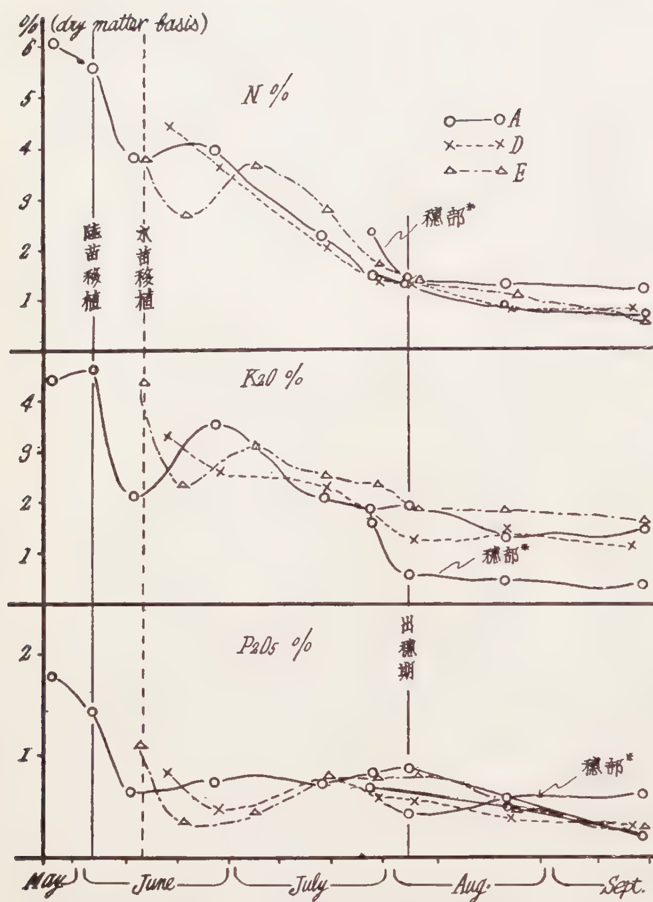
第 4 図　乾　物　重　g/株

第 4 図に茎葉乾物重の推移を示した。本田での生育を開始する時期及びその時の乾物重が異るのに節間伸長期から出穂期にかけて各区の曲線が重り合つている。つまりその時期迄に各区の栄養生長量がほぼ一定量に達するのである。1 株個体数が多く移植操作を伴はず低位の分蘖の発生する直播区（D）が初めに乾物重の増加率がたかく，次いで個体数は少ないが，早期に本田に移植され分蘖開始の最も早い陸苗区（A）がこれに続き，最後に移植期がおそく分蘖開始もおそく，且つ分蘖発生の節位も高い水苗区（E）が続いているのである。

5）　3 要素ならびに珪酸含有率の変化

分析法　窒素はキエルダール法にて，他は灰化，珪酸分離後，燐酸はローレンツ法にて，加里はランゲ炎光光度計にて定量した。珪酸は珪酸分離後の残渣を灰化秤量した。

初めに窒素及び加里含有率の推移(第5図)をみると，窒素及び加里は移植後急激に低下し活着後上昇し分蘖期に高く，以後は生育と共に低下してゆく。この活着に伴つて出来る含量曲線の谷は，根の新生のための地下部への養分の移行，地上部の伸長が停止して一時的に炭水化物が蓄積することなどによつて説明出来るであろう。直播区では当然この谷は認められない。水苗区は全体の曲線の型は陸苗区にほぼ等しいが，移植時の窒素含量が低いので活着期には一層低い水準にまで低下する。ところが上昇の時期がおくれ



* 穂部の含有率は各区ほとんど差がないのでA区の分のみ示した

第 5 図　3 要素含有率

ているので幼穂形成期に若干他の区より高い濃度を保つている。このことが水苗区の生育が後半に衰えず籾藁比が高いという結果をもたらすものであろう。

出穂期以降は各区の差はほとんど認められない。また穂部も同様に各区の差はない。

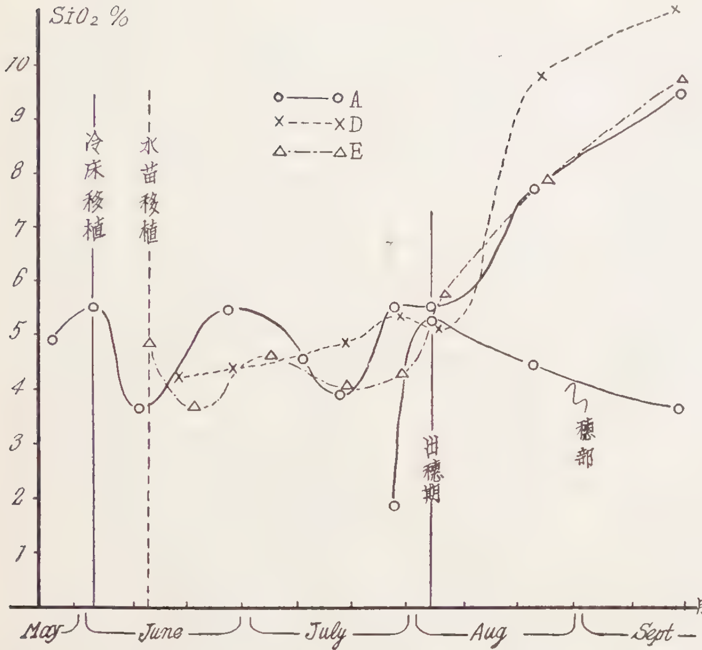
燐酸も移植後に含有率の低下のおこることは上記の2要素と同じであるが,含有率の山があらわれるのは7月中旬以後で，高温と土壌の還元状態の発達による可溶化が燐酸の可給度に大いに影響するものと推定される。移植期に燐酸含有率の高い陸苗区では，移植後に低下してもなお他区より高い水準に保たれているのは保護陸苗代という条件が養分吸収特に燐酸の吸収に有利であることを示している。水苗区の濃度曲線は直播区のそれに似ていて，しかも初期に一層低い。これは水苗区の分蘖出現がおくれることと関係があるものであろう。

珪酸含有率（第6図）は移植後減少しその後増加し伸長期以後は増加の一途をたどる。直播区では移植に伴う上下はみられない。これは根えの移行ということもほとんど考えられない成分であるから，移植後の上下は後述する炭水化物含量の上下と逆の関係にあるものと認められる。生育の後半では他の3成分とは逆に濃度は高まる。すなわち葉の新生,伸長が止り，その老化のみがおこる時期には他の活性物質の減少と逆に蓄積してゆくものであろう。

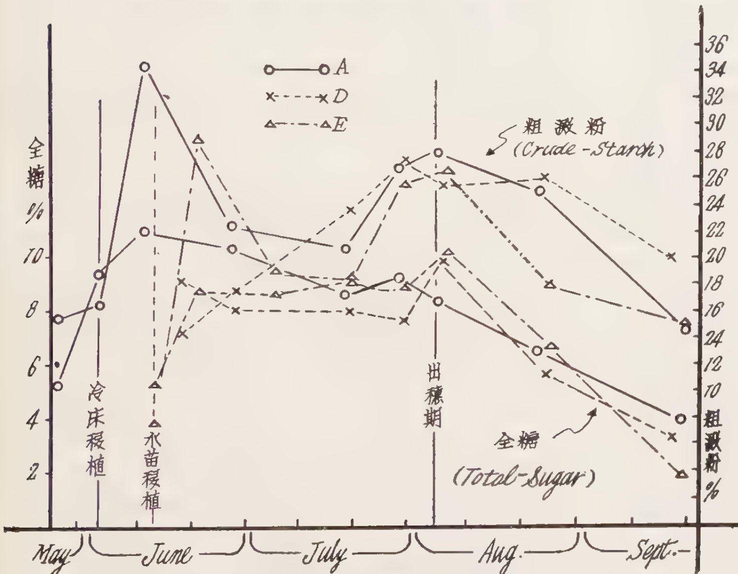
6） 全糖及び粗澱粉含有率の変化

分析法[8] 生体一定量を熱アルコール中に投入して固定し,アルコール可溶部を濾別,水抽出し3.8%HClで分解後還元力を Somogyi 法にて測定したものを全糖とし，アルコール不溶残渣を 2.5 % HCl で 分解後生ずる還元力をもつて粗澱粉とした。

第7図に茎葉中の全糖・粗澱粉含有率の変化を示した。陸苗区の全糖含有率は移植後増大し，活着後漸減し，出穂前にややふえ以後また収穫期まで減少してゆく。移植後の上昇は新根や新葉さらに分蘖の伸長がさかんになる前の一時期に葉中に同化産物が蓄積されることによるものであろう。これは粗澱粉の含有率にさらにはつきりとうかがわれる。この現象は水苗区でも同様にみられるのであるが，水苗の全糖・粗澱粉含量が低いためか上昇の大きさもより小さい。この炭水化物の濃度の上昇で無機要素濃度の移植後における一時的低下が説明されるわけである。分蘖期間中にはこれらの炭水化物含有率は漸減の傾向にある。これは蛋白えの合成ならびに細胞膜物質へと転化してゆく割合が多くなることによるものであろう。次いで出穂前後に再び山をつくることは，伸長期に入りすでに止葉が出て新葉の展開が終り，その後は炭水化物貯蔵器官的性格をもつ茎及び穂が形成される段階になつているためである。それ以後は可動炭水化物が穂に移行する結果として茎葉中の両成分含量は減少する。直播区では当然移植後の生長停滞期がないから初期の含有率の山はみられない。出穂前後よりは移植区と同様に推移する。穂部の全糖含有率は各区共伸長期より出穂期にかけて急低下しその後成熟期まで漸減する。粗澱粉は逆に急激に増加してゆく。



第 6 図　珪　酸　含　有　率



第 7 図　茎葉中の全糖・粗澱粉含有率（対乾物）

7) 収　　量

第 3 表に収量調査の結果を示した。栽培法が異なり 1 株個体数が異なるにもかかわらず玄米重においてはさして大きな差はない。本年のごとく生育期間の前⅔が良好な天候で経過した年には，冷害に対する安全性を主眼として発達してきた稲作法の利点が充分発揮されなかつたとみることが出来る。ともあれ同一栽培法では 1 株個体数の多い方がやや収量が多く，籾藁比は水苗>直播>冷床の順で，栄養生長期間の長い区は比較的に籾生産の能率がわるいことがうかがわれる。

第 3 表　収　量　調　査

	10 a 当り kg				玄米重 苗数	籾/藁 %
	総重	藁重	精籾重	玄米重		
冷床移植 A	1035	448	539	434	96	127
〃 B	1097	493	562	452	100	121
直　播 C	962	404	517	421	93	135
〃 D	1031	445	552	447	99	131
水苗移植 E	970	398	514	414	92	141

総　　括

3栽培法は育苗法の相違，従つて特に播種期の相違及び移植操作の有無の 2 点で大いに異なつている。移植操作は水稲の生長を一時停滞させ，このため移植後に伸長する主稈葉身長は相対的に短くなり，下位分蘖は出にくくなる。水苗代は直播田にくらべると葦簾の防風牆を有する程度の保護をうけるので播種期は若干早く，主稈葉数が1枚多くなつている。しかし移植時の生育停滞の結果として分蘖期間は短い。すなわち本田の初期生育という面で不利な栽培法といえる。陸苗は木枠と障子によつて保護されているので床内温度の上昇著しく，栄養的に高い能力を持つて移植される。そのため移植による生育停滞を克服して分蘖期間は長く主稈葉数多く，大きな稲体をつくる。すなわち栄養生長に有利な栽培法である。

陸苗の栄養状態の内容については本試験で完全には明らかになし得なかつたが，窒素・燐酸濃度が高く移植後も濃度低下が比較的少ないこと，移植後の炭水化物濃度の上昇が著しいことなどが栄養の良さの内容の一部をなすものであろう。直播法は播種が遅いが移植操作を伴わぬため低位節より分蘖を出し，且つ分蘖期間も長い。

初期条件従つて初期生育は上記のように異なるのであるが，面積当りの株数が定つていること，すなわち 1 株の生育領域が一定していること。また幼穂形成期が稲の遺伝的

性質と気温によつて主として支配され，割合に一定の時期に来るという事情によつて水稲の生育は第2の制限をうける幼穂の形成が始つた茎では最早葉の形成がおこらないから，生育期節図にみるごとくいわゆる幼穂形成期以後1～2枚の葉の出現をみるのみで栄養生長期は栽培法のいかんにかかわらず終の方の限界を有する。従つて栄養体の増大をはかるためには必然的に生育期間を春先の方向に延長せしめなければならないわけであつて，水苗移植，直播，保護陸苗移植の順に発達して来た本道の水稲栽培法はこの線に沿つて実質的な栄養生長期間すなわち分蘖期間を長くするように改良された来たものと考えられる。また茎葉乾物量が節間伸長期において3区ほぼ同一水準に達すること，その時期以降の茎葉窒素含有率がほぼ等しい値で推移すること及び葉身長が短くなる葉位の出葉期が3区一致することからも生育領域の枠が栄養生長量を一定水準におさえていることがうかがわれる。このように栄養生長期間の終期と栄養生長量がある制限をうけるとはいえ生育内容が同一のものというわけではない。各区は分蘖の内容が全く異なり，直播区は無効茎を多く含む低節位の分蘖よりなり，水苗区はより高節位の少数の分蘖よりなり，陸苗区は2次を含む広い節位の分蘖茎を持つて生殖生長に移るのである。窒素含有率は分蘖最盛期ころを頂点として出穂期まで急低下するのであるが，この間の生長の内容が異なる事に応じ水苗区において幼穂形成期前後の窒素含有率が高くこの事がこの区の籾生産の能率をたかからしめている原因と考えられる[9]。

かくして出穂期に至ればその止葉々位が異なり，茎葉の大きさが異なるにもかかわらず体制からみると各区大差のない姿となる。すなわち穂を出した各茎は3～4枚の生葉を持ち，出穂期もあまり違わない。穂は大きさ，粒数が体の大きに従つて区々であるが，その成分含有率の推移は各区ほとんど同様であることがみられた。

収量はそれを形づくる諸要素に対して関係のある上記のような諸因子の正負の作用の結果として，また慣行の栽培法がそれぞれの方法の持つている負の因子を打消すように改良されている結果として，あまり差がなかつた。しかしながらこのことが各栽培法の限界を示すものでない。例えば冷害の主要なタイプ[10]である移植期より分蘖初期にかけてのあるいは分蘖期間の低温寡照に対しては移植期早く活着良好な保護陸苗がその特色を発揮出来るであろう。また例えば陸苗の旺盛な栄養生長の後をうけて良好な稔実を得るためには施肥や土壌改良が必要であり，それらの処理を受けた場合の3栽培法の反応は当然異なつたものがあるであろう。すなわち先に述べた生育領域の制限はある程度まで土壌肥料学的に解決し得る問題であることが指摘されなければならない。

要　　約

1.　北海道の稲作は水苗移植，直播，保護陸苗移植の順に発展して来たのであるが，その変遷の理由を作物栄養生理学的見地より追究し今後の稲作法の合理化に資するために，3栽培法による水稲の生育を比較した。

2.　上記の稲作発展の順序は分蘖期間が長くなつてゆく順序でもあつて，本道の稲作は春先の方向に栄養生長期間を延長するように発展させられて来たものと規定出来る

3.　3法の最も異なる点は移植操作の有無及び初期生育の様相で移植は水稲の生長を一時停滞させ，移植後に出る葉の葉身長は比較的短くなり，出葉間隔は伸びる。茎葉の無機成分含有率は活着まで急低下し，逆に全糖・粗澱粉含有率は上昇する。直播区ではもち論かかる現象はみられず，低位節より分蘖が始まる。水苗区では分蘖節位がより高い。陸苗区では移植時の生育停滞にもかかわらず低位の有効分蘖を持つ。

4.　幼穂形成期，出穂期は栽培法によつてほとんど変りない。栄養生長量も出穂期までに3区共に一定の水準に達した。出穂期以降は個々の茎の大きさに相違はあつても諸成分濃度の推移にはほとんど差が無かつた。ただ幼穂形成期ころには遅れて分蘖盛期を迎えた水苗区で茎葉窒素含有率が他より高かつた。

5.　収量は区によつてあまり差がなかつたが，それは各栽培法の長所をよく生かした場合の安全増収の限界を示すものではない。

本研究遂行にあたつて御教示，御指導を賜つた北大教授石塚喜明博士，当場畑作部長西潟高一氏，土壌肥料第3研究室長串崎光男氏ならびに原稿の御校閲を賜つた土壌肥料第2研究室長松実成忠氏に深謝の意を表する。また圃場管理について御協力を賜つた土壌肥料第3研究室千葉慶悦，島上英雄両技官に謝意を表する。

文　　献

1)　北海道農試　(1951)：北海道農業技術50年　26～32
2)　桑山覚　(1954)：北海道に於ける稲作害虫とその防除，北農試報告　46　42～45
3)　吉野至徳　(1956)：稲作講座　1　209～212
4)　片山佃　(1951)：稲・麦の分蘖研究　116
5)　田中明　(1954)：葉位別に見た水稲葉の生理機能の特性及びその意義に関する研究（第1報）土・肥・誌.，25（2）53～57，片山：上掲書，29
6)　田中明：上掲論文（第2報），土・肥・誌.，26（9）341～345
7)　高橋喜夫・高橋量平　(1957)：水稲葉発育経過の解剖学的観察，山形農林学会報　11　11～16

8) 奥田東編 (1953)：植物栄養生理実験書，131
9) 玖村敦彦 (1956)：水稲における葉身の窒素濃度が収量構成要素に及ぼす影響，日・作・紀 24 (3) 177 〜180
10) 渡辺和夫 1957：日本の冷害 30〜57

Résumé

Usually rice plants are transplanted from nursery to paddy field. There are two types of nursery : water bed and land bed. In Hokkaido, rice culture started with water bed nursery system about 1700. A hand-seeder was devised in 1900, and then direct sowing system of rice culture was begun among Hokkaido farmers. This system accounted for 80 % of the arer of rice fields, in 1935. In 1931. '32, '34 and '35, cold summer weather brought the poorest rice production to northern Japan. This serious damage stimulated the study of land bed nursery system, which was recently proven to be superior to both the water bed nursery system and the direct sowing system. Recently, the land bed nursery system has been extended throughout Hokkaido. These three rice culture systems were compared from the view point of plant nutritional physiology in 1955 and some of the results are shown in this paper.

1. It was observed that the growth of water bed seedlings was delayed for several days after transplanting. At that time nitrogen, phosphorous, potassium and silicon contents of the plant decreased whilst total-sugar and crude-starch contents increased untill the plants resumed growth. The beginning of the tillering period was also delayed in this system, so that lower tillers did not emerge. The better growth in later stage resulted in rather high grain-straw ratio.

2. The seeding time of the direct sowing system was later than that of water bed system. On the contrary the tillering period of the former plot started earlier, and the length of leaf blades and ears was less than that of the other plots. So, production of short narrow leaf and many small ears was characteristic of the direct sowing plants

3. Temperature is higher inside the land bed nursery which consisted of wooden frames and oil-paper cover, and the better growth of the seedling was observed. So, the contents of nitrogen and phosphorous of the plant were great. In spite of delay of growth after transplanting, the plant in this plot could shoot lower tillers. Tillering period of this system was the longest. Prosperous vegetative growth and slightly larger yield and lower grain-straw ratio were obtained in this system.

The rice plant of all these systems showed almost the same dates of primodial stage and flowering stage and did not have different curves of seasonal changes in mineral and carbohydrate contents after elongation stage.

土壌の硝化作用に関する研究

第 9 報　硝酸菌と硝酸還元菌との相互関係

坂　井　弘*

STUDIES ON NITRIFICATION IN SOILS

PART 9. THE INTERRETATIONSHIPS BETWEEN NITRIFYING ORGANISMS AND NITRATE REDUCING ORGANISMS

By Hiroshi SAKAI

前報[5)]の実験において硝化菌の接種により未墾地土壌に硝酸菌が著しく増殖したにもかかわらず硝酸の集積が少ないことを認めたが，元より硝酸は降雨の際滲透水に伴われて容易に流亡し，また未墾地土壌には易分解性有機物が多いため[3]，有機態Nに再合成されることが考えられる。しかしながら更に重要視されるべき事実は自然界におけるNの大循環には硝酸への酸化があると同時にその還元が伴い，常に平衡関係を保つていることであり，それには硝酸還元菌，さらには脱窒菌が作用者として関与していることを軽視出来ない。すでに水田土壌においてNの消失が脱窒により起ることが明らかにされているが[8)]，この場合は酸化層で生成した硝酸が下層の還元層に移行して始めて起ることで，硝化菌と脱窒菌とがそれぞれ働く場は区別されている。近年畑状態の土壌においてかなりの脱窒現象が起つていることが多数の研究者により明らかにされており[1)2)]，また著者も硝酸化成の実験に当つて一旦生成した硝酸が化成をほとんど終つた後にかなり減耗することをしばしば経験している。しかるにそのような脱窒現象の機作を明らかにするため硝酸菌と硝酸還元菌の相互作用の面から微生物学的に解析しようとした研究はほとんど見当らない。このことはまたそれぞれの菌の活性度が共に著しく高く，密接な相互関係が保たれておつて，材料として取扱い易いような場合に着目しておらないためと考えられる。たまたま上述のような実験においてその好材料を得たので，硝酸菌と硝酸還元菌との相互関係を主として菌数の変動の面から検討を加え，さらにより密接な両者の関係を生ずる条件について調査を行つたが，それらの結果について報告する。

*　農藝化学部　土壌肥料第 4 研究室

1.　各種処理区土壌の硝酸還元菌数及び硝酸還元力

前報[5)]の大正火山灰土壌の現地試験として行つた各処理区土壌の菌数測定を行い，ここに測定した硝酸菌数との関連を調べた。またその metabolic activity の面から検討する必要から同じく各区土壌の硝酸還元力を測定した。

実　験　方　法

供試土壌：前報と同様に帯広市大正町当場火山灰地研究室所属の未墾地土壌を供試した。

硝酸還元菌及び脱窒菌の菌数測定：GILTAY 氏培養液を試験管に 10ml あて入れて用い，dilution frequency method により菌数を測定した。培養後 dophenylamine 硫酸溶液で硝酸の反応が陰性のものを脱窒菌が発育したとし，これに griess 反応が陽性のものを加えて硝酸還元菌が発育したとして取扱つた。

硝酸還元力の測定：乾土 5 g に相当する生土を試験管に採り，NO_3—N が 1 mg になるように $NaNO_3$ を10ml の蒸溜水に溶解して添加し，流動パラフィンを浮べて16時間 35°C で培養し，硝酸の減少量を測定して求めた。

実　験　結　果

第 1 表に示した実験結果によれば，この種の未墾地土壌には硝酸還元菌がかなり棲息していることが認められたが，両者の間には数の上で明らかな関係は見出せない。ただ石灰の施用は硝化菌接種のいかんにかかわらず，還元菌数を増加させる明らかな傾向が見られた。

次に第 2 表の結果によれば原土が著しく低くく，攪拌

第 1 表　各区土壌の硝酸還元菌及び脱窒菌の数

区別	硝酸還元菌（$\times 10^3$）	脱窒菌	硝酸菌
原土	350	20	11.6
Ca	1,600	0.3	35.3
CaP	1,600	1,300	85.3
N	160	680	8.5
CaPN	3,500	28,000	85.0
O	350	680	37.6
Ca′	1,600	4,000	579,000
CaP′	920	2,000	367,000
N′	350	1,300	9,830
CaPN′	1,600	3,600	98,500
O′	160	0.3	3,740

第 2 表　各種処理を施した大正未墾地土壌の湛水下における硝酸還元

調査項目＼区別	原土	Ca	CaP	N	CaPN	O	Ca′	CaP′	N′	CaPN′	O′
硝酸保持量（PPM）	2.0	21.3	26.0	33.0	22.1	33.9	23.7	22.0	25.1	28.0	28.1
硝酸還元量（PPM）	27.5	51.5	44.7	45.1	55.6	46.2	46.0	39.3	44.9	70.6	49.5

第 3 表　硝化菌接種及び硝酸ソーダ施用に伴う硝酸還元菌及び脱窒菌の消長

培養	処理＼調査項目	pH	NO_3-N(PPM)	硝酸菌	硝酸還元菌（$\times 10^5$）	脱窒菌（$\times 10^3$）
当初	無添加	5.1	65.2	45	130	22
	硝化菌接種	5.1	66.3	1,700	130	17
	硝酸ソーダ施用	4.9	154	—	—	—
21日	無添加	5.4	91	45	40	4
	硝化菌接種	5.4	122	920	21	4
	硝酸ソーダ施用	5.0	185	13	46	17

第 4 表　火山灰未墾地土壌の洗滌培養における硝酸菌の消長

処理	調査項目＼培養期間	当初	8日	22日	36日	48日
無処理	pH	5.8	5.5	5.4	5.6	5.6
	NO_3-N 生成量(PPM)	7.0	16.9	7.2	4.8	5.9
	硝酸菌	9,200	5,400	3,300	2,400	1,700
	硝酸還元菌（$\times 10^5$）	22	6.8	4	4.9	4.6
	脱窒菌（$\times 10^5$）	5.4	0.8	—	0.8	—
炭酸石灰添加	pH	7.4	7.2	6.8	7.0	7.1
	NO_3-N 生成量(PPM)	6.2	24.7	11.4	8.4	6.9
	硝酸菌	9,200	24,000	13,000	11,000	1,100
	硝酸還元菌（$\times 10^5$）	22	130	49	22	35
	脱窒菌（$\times 10^5$）	5.4	27	17	2	1.2

処理が土壌の硝酸還元力を高めていることが認められるが，各処理間では接種した場合の総合区がかなり高いのみで，硝化菌の接種が特に硝酸還元力には影響しているとは認め難い。

2. 硝化菌接種及び硝酸ソーダの施用が硝酸還元菌及び脱窒菌の消長に及ぼす影響

現地で採取した試料については硝酸菌と還元菌との関係が見出し難いのでさらに確かめるため，室内実験により硝化菌接種及び硝酸ソーダ施用の影響を調べた。

実験方法

100 ml 容コルベンに大正未墾地土壌[5]を乾土当 50 g を入れ，これに硝化菌飽和土壌懸濁液 1 ml，あるいは硝酸ソーダをNで 5 mg 添加し，容水量の 60 %に相当する水分を補い，3 週間培養し，脱窒菌及び硝酸還元菌数を測定した。

実験結果

いずれの処理においても硝酸の含量が増加して，見掛上硝酸還元は認められず，特に硝酸菌の接種は化成量を増大した(第 3 表)。還元菌数はいずれの区でも培養によつて返つて減少したが，pH はむしろ上昇しており，pH の影響とは認められない。処理間の比較からみて，硝化菌接種は脱窒菌数に何ら影響を与えておらず，硝酸ソーダの施用は返つて無処理よりも減少させ，また硝酸還元菌数は硝酸ソーダの施用によつてほとんど変らず，硝化菌の接種によつて著しく減少した。ただしこの場合供試した土壌が採取後かなりの期間放置しておつたため，相当量の硝酸がすでに集積して，pH も 5.1 まで下つており，ことに硝酸菌数の増加が現地土壌のように見られないことからして必ずしも硝酸還元菌の生育にも適当した条件で実験が行われない点に留意する必要があろう。

3. 洗滌培養における菌数変化

瓶培養におけるように硝酸が集積して，pH が低下するような条件は硝酸菌はもち論還元菌の生育にとつて不適当であると認められたので，むしろ自然状態のように生成した硝酸が降雨によつて洗い流されるような条件に近い洗滌培養[4]について両菌種の関係を改めて調べた。

実験方法

グーチ坩堝に大正未墾地土壌を乾土当 5 g を入れ，片方には予め炭酸石灰を 2 %の割合で添加しておき，同じ土壌の硝化菌飽和土壌懸濁液 1 ml を添加し，蒸溜水 20ml によりほぼ隔日に洗滌しながら 25°C に培養し，培養期間中 4 回，硝酸菌，硝酸還元菌及び脱窒菌の菌数ならびに pH 及び硝酸化成能（48時間の硝酸生成量）を測定した。

実験結果

第 4 表に示したように石灰無添加でも pH が最低 5.4 に留まつたが，硝酸生成量が 8 日目に最高に達したにもかかわらず，各菌種とも接種した当初から減少の傾向を示した。しかるに石灰添加では pH は 7.4 から 6.8 の間に保たれたため，無石灰に比べて硝酸生成量も多いが，各菌種共著しく多く，ことに 8 日目の硝酸生成量が最高に達した時期に各菌種とも著しい増殖の傾向を示し，22日目になお高いレベルを保つており，このような条件では硝酸菌と硝酸還元菌，脱窒菌とは同一の菌数変化の傾向を示すことが認められた。なおこの実験結果で注目すべきことはこのような蒸溜水の洗滌によつて pH の低下はある程度防止されたにもかかわらず，各菌数は培養期間が長くなるにつれて減少の傾向を示し，特に硝酸菌でその程度がはなはだしく，石灰添加の48日目には 1,100 まで激減したことである。これは硝酸化成に利用されるべきアンモニアの供給の欠乏によることが推定される。

4. コルベン培養の泥炭における硝酸菌及び硝酸還元菌の増殖

前報[6]において充分酸性矯正を行つた泥炭においては接種によつて硝酸菌の増殖が容易に起ることを明らかにしたが，この場合の硝酸菌及び硝酸還元菌の増殖との関係を明らかにしようとして次の実験を行つた。

実験方法

500 mlコルベンに美唄高位泥炭乾燥粉末を35.4 g を入れ，炭酸石灰 2.25 g を加え，さらに第 5 表に示した処理を行うため，硝化菌飽和未墾地土壌懸濁液を 2 ml 及び 6 ml の割合にそれぞれ接種し，また硫安 30mg を添加し，水分は乾物当約 500 %になるように加えて，開口部をビニール布で包み 25°C に培養し，培養中常法により pH，水分及び無機態N量，さらには硝酸菌，硝酸還元菌，脱窒菌の菌数の測定を試みた。

実験結果

培養当初添加したアンモニアの硝酸化成が著しかつたが，アンモニアは急激に一時減耗し，次いで多量接種区の硝酸生成を増して来て，培養37日目には少量接種区のアンモニア含量が最も多かつた(第 5 表)。しかしてこの実験で注目すべきはその後において一旦生成した硝酸が減少しはじめ，46日目の結果で見られるように当初硝酸生成の良か

つたものほどその減少の程度が高いことである。この時期の菌数をみてみると（第6表），硝酸菌数は前報の時に比べてさらに著しく増加を示し，どの処理区でも乾物g当3千万にも達しており，他方脱窒菌もはなはだしい増殖を示しておりこのような泥炭の培養条件では硝酸菌と還元菌とが共存てし良好な増殖をすることが明らかにされた。

第5表 培養期間中の pH，NH_3-N 及び NO_3-N の消長

処理区	水分	PH			NH_3—N		NO_3—N		
	7日	16日	32日	46日	21日	37日	16日	28日	46日
	%				ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
対照	456	7.85	7.05	7.65	153.9	174.1	4.9	888.8	175.1
接種	525	7.80	7.25	7.40	259.7	76.6	6.9	112.5	66.9
硫安接種	488	7.20	7.00	7.20	0	81.1	152.6	2235.3	84.2

第6表 培養41日目の菌数（乾物g当）

処理区	硝酸菌	硝酸還元菌	脱窒菌
	$\times 10^6$	$\times 10^6$	$\times 10^5$
少量接種	29.8	23.1	19.6
多量接種	33.3	21.6	20.4
硫安 〃	31.5	20.9	24.7

5. 各種処理が土壌の微生物フロラに与える影響

土壌に硝化菌の接種や洗滌処理を与える際に，今までに硝酸菌や硝酸還元菌などについてのみ調査したが，このような処理の影響は単にこれらの菌種のみに影響を与えるものではなく，他のフロラの変化を経て現われた結果のみを見ておることにもなる。よつて接種や洗滌処理が微生物フロラに与える影響を改めて調査した。

実験方法

大正未墾地土壌の表土を風乾して後，2 mm の篩で別けた土壌の乾土 100 g 相当量を使用し，下記の内容の実験を行つた。

処　理　処理の種類は次の3種である。

1）対照区：200ml ビーカーに試料を詰め，水分を容水量の60%に保ち，常時ビニールで掩つて水分の蒸散を防いだ。

2）洗滌区：250 ml 細口瓶の底を抜き，これを逆さにして細孔部に目皿をおき，その上に川砂を敷きつめ，試料をのせて，約1週間の間隔で 100m l の蒸留水で洗滌した。

3）洗滌，接種区：上記の処理に加えて別に同じ土壌に硝化菌を飽和状態まで増殖した土壌の乾土当2 g を添加した。

菌数測定　25°C にそれぞれ第7表に示した期間培養して後，一般細菌，放線菌，糸状菌，硝酸菌，硝酸還元菌と，さらに細菌群を合成型と分解型に別けて調査を行つた。

細菌・放線菌—土壌煎汁寒天（平板法）
糸状菌—ローズベンガル加用グルコース寒天(平板法)
硝酸菌—Stephenson 氏培養液(Dilution frequency methed)
硝酸還元菌—Giltay 氏培養液（〃）
分解，合成型細菌—下記* の組成の培養液（〃）
* 培養液の組成

合成型		分解型	
グルコース	2.5 g	ヌトローゼ	2.5 g
$(NH_4)_2SO_4$	1.0 〃	K_2HPO_4	1.0 〃
K_2HPO_4	1.0 〃	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	1.0 〃
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.3 〃	$CaCl_2$	0.1 〃
$CaCl_2$	0.1 〃	酵母水	2ml
酵母水	2ml	土壌エキス	2 〃
土壌エキス	2ml	水道水	1 l
水道水	1 l		

実験結果

これらの調査結果は第8表及び第9表に示したとおりである。一般フロラについては，無処理区で2回目の測定時に細菌数がはなはだしく増加し，その後激減するのがみられたほかは，処理間，測定時期の間に特別の差はみられない。ただ同じく無処理区で特に3回目に測定したローズベンガル加用培地の細菌数が，土壌のpHの低下が著しいためにか著しく少いことが注目される。特殊なフロラについてみると風乾土では分解型のものが著しく多いが，培養すると第1図に示すように両型の比率の推移の傾向から明らかに合成型のものが一時急激に増加し，次いで分解型へわずかに変移の傾向を示すも，最後的には接種用土のように合成型が優勢になつて落着くものと見られる。特に菌数測定に当つて培養液ごと5分間沸とう水に浸漬して耐熱性のものを調査したが，このものはむしろ分解型が常に圧倒的に多いが，これも漸次両型の拮抗するところまで移り変るようで

ある。硝化菌増殖土壌を接種すると一時的な増殖が起るが硝酸菌の増殖は主として分解型フロラの増加に伴つており接種する時は合成型フロラにもある程度拮抗して増殖出来るものとみられる。硝酸還元菌もかなりの増殖が認められるが，必ずしも他の菌数との間に関連は見られない。

第 7 表　定量日までの培養日数

区　　別	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
無 処 理 区	21	44	84	145	−
洗 滌 区	21	45	105	145	167
洗滌・接種区	21	44	90	123	143

第 8 表　土 壌 の 微 生 物 フ ロ ラ の 変 化

測定順序 / 調査項目 / 区別	1回目					2回目					3回目	4回目						5回目
	糸状菌	細菌	放線菌	硝酸菌	硝酸還元菌	糸状菌	細菌	放線菌	硝酸菌	硝酸還元菌	硝酸菌	糸状菌	細菌	放線菌	硝酸菌	硝酸還元菌	ロースベンカル培地細菌	
	×10³	×10⁵	×10⁵		×10⁴	×10³	×10⁵	×10⁵		×10⁴		×10³	×10⁵	×10⁵		×10⁴	×10³	
原　　土	53.0	54.5	6.25	3.3	7.9													
接種用土	98.5	141.0	4.04	49,000	220													
無 処 理	65.5	59.0	7.50	4.5 (1.36)	240	6.3	1,603	75	45 (1.36)	49	78 (2.36)	55.5	18.0	3.0	2	79	20.5	
洗　　滌	43.0	43.0	10.50	2.3 (0.70)	9.5	9.5	14	6.5	46 (13.90)	16	2 (0.61)	57.5	36.5	5.0	23	45	41.9	
洗滌接種	62.5	142.0	8.50	11,000 (11.30)	2,400	73.5	41	11.0	13.00 (1.33)	160	49 (9.05)	67.0	41.3	5.7	240	110	303.5	

（註）（ ）内の数字は培養直前の菌数に対する比率を示す。その他の数字は乾土 g 当

第 9 表　土 壌 の 特 殊 フ ロ ラ の 変 化

測定順序 / 調査項目 / 区別	1回目				2回目				3回回				1回目		2回目		3回目	
	合成型		分解型		合成型		分解型		合成型		分解型		分解型/合成型		分解型/合成型		分解型/合成型	
	个数	耐熱性	个数	耐熱性	个数	耐熱性	个数	耐熱性	个数	耐熱性	个数	耐熱性	个数	耐熱性	个数	耐熱性	个数	耐熱性
	×10⁶	×10⁴	×10⁵	×10⁴	×10⁶	×10⁴	×10⁶	×10⁴	×10⁵	×10⁴	×10⁵	×10⁴						
原　　土	92	49	350	17									3.8	3.5				
接 種 用 土	1,600	31	220	27									0.16	0.87				
無 処 理	70	41	46	150	230	33	170	110	21	22	14	49	0.66	3.65	0.74	3.34	0.67	2.21
洗　　滌	350	14	220	49	35	7.8	35	23	220	4	95	3.3	0.63	3.5	1.00	2.95	0.2	0.82
洗 滌 接 種	700	31	700	79	700	24	700	79	70	27	23	49	1.00	2.55	1.00	3.29	0.33	1.81

（註）合成型はグリコース，硝酸ソーダ培地，分解型はストローゼ培地による最確数で示す。

6. 硝酸還元菌の存在が硝酸菌数に与える影響

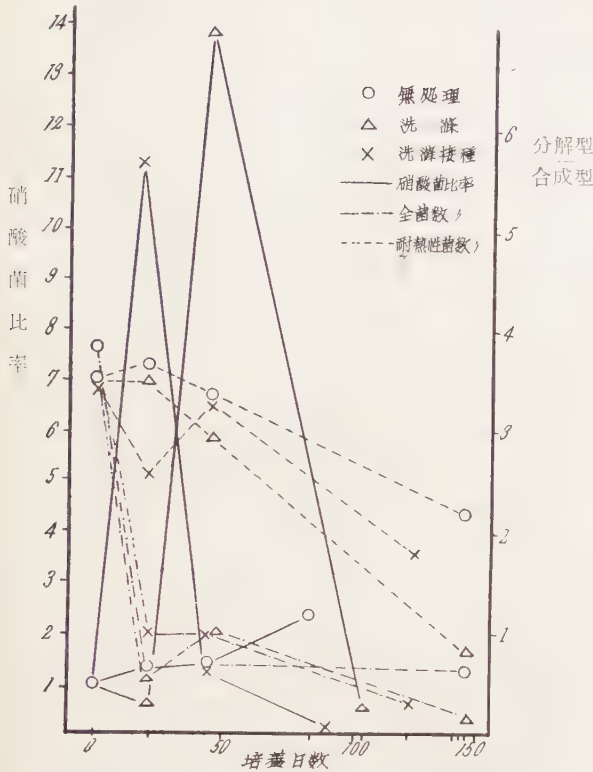
上記の各種の実験において硝酸菌の著しい増殖が認められる時は常に硝酸還元菌の増殖が同じく伴つていることが認められた。しかしこのような場合はえてして炭酸石灰の添加が行われておりそのための影響とも考えられる。よつて人為的に硝酸還元菌の土壌での発育を抑制して，硝酸還元菌の存在が硝酸菌数に与える影響の調査を行つた。

実　験　方　法

乾土当50 g の大正未墾地土壌を 100m l コルベンに入れ，水分を容水量の50％に保ち，綿栓を施して加圧殺菌して後，下記の処理を行い，25°C に培養し，14日及び28日目に pH，NO_3-N，硝酸菌及び硝酸還元菌を常法により調査した。

処　理　1）硝化菌区：Stephenson 氏培養液の硫酸アンモニアを 0.3 ％の割合に加えたものを用い，大正畑土壌を接種し培養して後 3 回移植をして集殖し，硝酸還元菌をほとんど含まないことを確かめて後，その 0.5 mℓ を添加した。

2）硝化菌・非硝酸還元菌群区：殺菌した大正未墾地土壌に原土壌の少量を接種し，7 日間培養したものより，アルブミン寒天に稀釈流込み培養を行つた。生成した各種



第 1 図　培養に伴う分解型，合成型フロラ比率と硝酸菌比率の推移

コロニーを14本の試験管に入れた GILTAY 氏培養液に移植して10日間培養して硝酸還元性を検定し，はつきりと硝酸の還元による亜硝酸の生成を認めない11本を混合して非硝酸還元菌群とし，その 0.5 ml を硝酸菌粗培養とともに添加した。

3）硝化菌・硝酸還元菌群区：上記の硝酸還元を認めた培養 3 本と，これのみではフロラが片寄るおそれがあると考え，予め GILTAY 氏培養液に土壌の少量を加えた脱窒作用を示した粗培養とを混合して硝酸還元菌群とし，その 0.5 m l を硝酸菌粗培養とともに添加した。

実験結果

第10表にその結果を示したように硝化菌粗培養の添加のみでは硝酸の生成量も少いが，硝酸菌数ももとより少なく，培養日数をのばしても大差がない。これは加圧殺菌によつて硝酸菌の生育に対して有害な成分を生じた影響ともみられる。これに対して他の処理においてはいずれも硝酸菌の増殖が認められるが，硝酸還元菌群を混合添加した方が明らかに硝酸菌数が多く，培養日数をのばすにつれてその差が開いてくる傾向がある。これについて土壌の pH を見ると硝酸菌の多い硝酸還元菌添加区においてやや高く，このことは硝酸の量が明らかに少いことと関連して認められる。以上の結果に明らかなように硝酸還元菌は硝酸菌によつて生成された硝酸を還元して消費することにより硝酸菌の発育に有利な条件を与えており，またこの場合アンモニアの給源は土壌有機物が混合接種した細菌群の関与によつてもたらされたものと認められた。

第 10 表　硝酸還元菌の存在が硝酸菌の増殖に及ぼす影響

区別 ＼ 調査項目 ＼ 培養日数	14 日			28 日		
	pH	NO_3-N PPM	硝酸菌	pH	NO_3-N PPM	硝酸菌
硝化菌区	5.4	28	240	5.5	34	350
硝化菌・非硝酸還元菌群区	5.3	142	940	4.9	267	540
硝化菌・硝酸還元菌群区	5.3	83	3,500	5.2	97	5,400

考　　察

硝酸菌が増殖するためには元よりアンモニアが必要であるが，たとえ充分なアンモニアがあつても著しく増殖しうるものではない。前報までの結果によれば普通の土壌で硝酸菌の生育に最も影響をあたえるものは土壌の反応であり，この反応は土壌自体の反応はもちろん，生成する硝酸に原因する pH の低下のためにその増殖を阻止される。従つて生成した硝酸がそのままたまるような条件ではその増殖がのぞまれず，ただ置換性石灰が多く，緩衝能の高い土壌ではかなりの増殖が期待される。しかしながら添加したアンモニアの割合に増殖しうる菌数はかなり少ないものとみられる。しかるに土壌自体から供給されるだけアンモニアでも現地で攪拌して接種を行うだけで，あるいはグーチ坩堝にとつて洗滌培養を行うことのみによつても著しい増殖がみとめられる(第 4 表)。これは攪拌や洗滌による有機物の分解促進というよりも明らかに硝酸の除去が行われているためと考えられるもので，硝酸そのものの集積も菌数の増殖割合を低めていると考えられる。そのため洗滌などの特別な管理を行わないで生成した硝酸を取除き，硝化菌の能率的な増殖を行い，引いては多量増殖を可能にするためには硝酸を他の微生物により消費除去することが必要である。この目的の一つとして新鮮有機物を加えて硝酸を有機態窒素に変えることが前報[6]で試みられた。しかしながら殺菌堆肥を石灰を添加した土壌に施した場合や今回の実験で加圧殺菌した場合などに見られたように，かえつて有害因子を生じて役立たなかつたと見られる場合もある。従つてむしろ硝酸はこれを還元により除去する手段が役立つものと考えられる。ただし硝酸還元菌の生育に対して酸素の

充分ある培養条件で硝酸の存在がその増殖に役立つかどうかは判然とせず，少くとも pH が 6.0 位ではあまり影響がないことが第 3 表の結果に認められている。従つてこの菌はむしろ有機栄養性であるから，泥炭や易分解性有機物の多い土壌に炭酸石灰を添加した場合にはこの種の菌の増殖が充分起るものと考えられる。また硝酸還元菌は pH が高い方がその発育に適当していることは未墾地土壌における現地の処理実験の場合[5]や洗滌培養（第 4 表）でもみとめられている。そのため酸性矯正を行つた泥炭では硝酸還元の Activity が著しく高まり硝酸の除去が行われ g 当 3 千万という著しい硝酸菌の増殖をきたしたものであろう。このことは硝酸還元菌を人為的に欠除すれば硝酸菌の増殖割合がおちてくるという実験結果（第10表）が明らかに示していることである。

また土壌中では窒素の有機，無機化の代謝が絶えず行われていて，そのために土壌を一旦攪拌して硝化菌を接種した未墾地においては窒素の過剰供給がなく，能率的に硝酸菌が増えたものと考えられたが，必ずしもそのような内容の裏付けが出来なかつた。そこでその一つの試みとして窒素を有機化する合成型と蛋白態窒素を無機化する分解型の対立するフロラを調査してみたのであるが，その結果によればこれらの対立するグループの割合にはかなりの動きが見られ，また耐熱性のものにも変化が見られており，窒素のはげしい代謝が起つていることを示している。このため未墾地土壌では攪拌を契機として窒素の激しい代謝が起り，そのために接種した硝酸菌がその Cycle の中に入り，増殖したものと考えられた。また未墾地土壌は蒸溜水による洗滌培養において硝酸菌数が漸次減つてくることが認められたが（第 4 表），これはアンモニアが菌数維持の制限因子となつていることを明らかに示しており，前報[7]の結論を裏付けする実験結果ということが出来よう。

要　　約

土壌中における硝酸菌と硝酸還元菌との相互関係を調べ，硝酸菌の増殖に対する硝酸還元菌の影響を明らかにしようとして行つた実験結果は次のとおりである。

1. 未墾地土壌に各種の処理を施した場合，硝酸還元菌数及び硝酸還元力は硝酸菌との間に密接な関係は見出せず，ただ土壌の攪拌と炭酸石灰の添加により増加する。

2. 硝酸菌の接種や硝酸塩の施用は還元菌数にあまり影響しない。

3. 蒸溜水による洗滌培養において硝酸菌は漸減したが，石灰を加えた場合には一度最高に達し，還元菌も同様な傾向を示した。

4. 酸性矯正を施した泥炭では接種により著しい硝酸菌の増殖が認められたが，硝酸還元菌，脱窒菌もまた著しく増殖しており，一旦生成した硝酸は培養後期にはほとんど消失した。

5. 未墾地土壌の培養期間中他の微生物フロラにも動きが見られるが，特に窒素の代謝に関係するとみられる合成型，分解型の割合や耐熱性菌にかなりの変化が起つており，窒素代謝の盛んなことを示している。

6. 人為的に硝酸還元菌を除くフロラをつくり上げると硝酸の集積量はある程度増すが，硝酸菌の増殖は抑えられた。

7. 以上の結果から普通の土壌では硝酸の存在は硝酸還元菌の生育に対して特別な関係がなく，従つて還元菌は硝酸菌の増殖にはほとんど影響を与えない。しかしながら反応が高く，易分解性有機物が多くて脱窒菌の生育に適当した土壌（例えば石灰を施用した未墾地土壌や泥炭）では特別な硝酸除去の手段を施さなくても硝酸菌の著しい増殖が期待される。

文　　献

1) MEIKLEJOHN J.: Ann. Appl. Biol., 27, 558 (1940)
2) RUSSELL E. W.: Soil Conditions and Plant Growth 8 th Ed. 296〜297 LONGMANS (1950)
3) 坂井　弘他：北農試農化成績概要別刷　畑土壌の生産力に関する研究—十勝地区生産性土壌調査，40(1957)
4) 坂井弘：土・肥・誌.,30，53〜56（1950）
5) 同　：土・肥・誌投稿中（第 6 報）
6) 同　：　〃　（第 7 報）
7) 同　：　〃　（第 8 報）
8) 塩入松三郎：土壌学研究　34〜41　朝倉（1952）

Résumé

Experiments wene made to examine interrelationships between nitrifying organisms and nitrate reducing organisms and especially to ascertain the effect of the latter on the growth of the former.

The results obtained are as follows.

1. Among variovs treatments of virgin soil reported previously, there cannot be seen any intimate connection between numbers of nitrifying organisms and nitrate reducing organisms, or nitrate reducing power of all plots, except that soil mixing and calcium addition showed results in increasing tendency of these matters.

2. Inoculation of nitrifying organisms did not have positive influence nor did nitrate addition.

3. In washing culture of soils with distilled

water, nitrobacter decreased gradually, but in the special case of calcium addition it once exhibited the maximum number.

The same result was obtained in the case of the nitrate reducing organisms

4. In peat soils to which calcium was applied for neutralization, inoculation of nitrifying organisms produced their remarkable increase accompanied with that of nitrate reducing organisms. Amount of nitrate once increased, but almost disappeared in the later stage of incubation.

5. During the incubation of virgin soils some changes of other microflora might happen.

Vigrous nitrogen metabolism takes place on that occasion according to remarkable changes in comparative numbers among synthesizing and decomposing group, or heat labile and stabile microbes.

6. When special flora containing no nitrate reducer was caused to grow in the soil, nitrate accumulated to a certain degree, and growth of nitrobacter was seriously inhibited.

7. From these results it has been clarified that in ordinary soils the amount of nitrate offers no special support for the growth of reducer and therefore it does not affect that of nitrobacter.

However, in favorable soils for the growth of nitrate reducing organisms which maintain high reaction and much content of easily decomposable organic matter (for example limed virgin and peat soils) nitrobacter can grow in great quantity with special treatments for nitrate with drawal.

十勝火山灰地における有機物の施用効果に関する研究

第 1 報　十勝火山灰地における堆厩肥の施用効果

池 盛　重*・坂 井　弘*

STUDIES ON THE EFFECT OF APPLICATION OF ORGANIC MATTER IN TOKACHI VOLCANIC ASH SOIL

PART 1. THE EFFECT OF APPLICATION OF STABLE MANURE IN TOKACHI VOLCANIC ASH SOIL

By Morishige IKE and Hiroshi SAKAI

I　緒　　　論

北海道十勝地方の農耕地約 197,500 ha のうち 十勝川水系流域の沖積地は 34,800 ha， 泥炭地は 1,700 ha で，残りの農耕地の約81%がいゆる高丘地といわれている火山灰地からなつている

この火山灰土壌の分布及び堆積様式については北海道農業試験場の土性調査報告[7]があり，主なその理化学性については石塚，佐々木[4),5)]並びに山田[12)]らの報告がある。これらによるとこの土壌は洪積台地に噴出期の比較的新しく風化のすすまない各種火山灰が被覆堆積しているもので各種養分に乏しい理化学性の不良瘠薄地であることが明らかにされている。このような高丘地土壌の改良に関しては古くから数多くの試験が行われ，堆厩肥施用効果の顕著なことが示されて，その多量の施用によつて生産は高い水準を維持することができるとされている。しかしながら現実には農家は荳作を中心とした作付を行い有機物の給源確保にも限界があつて，かかる多量の堆厩肥施用がほとんど不可能に近い状態にある。よつて著者らは高丘地火山灰土壌の地力維持に必要な堆厩肥施用の効果を解析すると共にその持続性などを究明してその必要最小限度を低めるに有効適切な施用方法を見出すために本研究に着手した。まず第 1 段階として従来実施されていた施用量について検討を加えるために帯広市大正町の火山灰地研究室圃場において試験区を設け，作物の生育，収量並びに土壌の理化学性などの変化について調査しその直接，間接的な効果について検討したので報告する。

＊　農藝化学部　土壌肥料第 4 研究室

II　試　験　方　法

試験圃場　表層が暗黒灰色の腐植に富む火山灰からなり雌阿寒岳統，十勝岳統，旭岳統，樽前岳統，などの各火山層は混合されて明らかでない。表層の厚さは場所によつて多少深浅が見られるが 17～18cm でその下には赤褐色（銹色）の凝灰質風化水積物からなる心土が存在している。

栽 培 法：試験年次は昭和28年から開始し，供試作物は初年目えん麦－2 年目デントコーン 3 年目馬鈴薯と 3 年輪作様式をとり 1 区面積 24.75 m² とし，処理は次のごとく 5 区とし 4 連制で行つた。

試 験 区：

1) 堆厩肥不施用区
2) 〃　10アール当　1125kg 施用区
3) 〃　〃　2250kg　〃
4) 〃　〃　3375kg　〃
5) 〃　〃　4500kg　〃

なお堆厩肥は火山灰地研究室にて堆積完熟したものを使用し，昭和28年 5 月 3 日に 1 回施用しその後施用せず，各作物の耕種梗概及び使用堆厩肥の品質は第 1 表のごとくである。

第 1 表　耕種梗概及び堆厩肥の品質

作物名	共通肥料 N	共通肥料 P_2O_5	共通肥料 K_2O	栽植密度	堆厩肥の品質	
えん麦(ビクトリー1号)	kg 2,250	kg 5,250	kg 1,875	畦巾 45 cm	水分 67.3%	P_2O_5 0.21%
デントコーン（黄早生）	5,625	7,500	3,750	畦巾 90 cm 株間 45 cm	T.C. 9.25	K_2O 0.43
馬鈴薯（紅丸）	5,625	7,500	7,500	畦巾 90 cm 株間 45 cm	T.N. 0.45	CaO 0.29

分析方法：第1表に示した耕種梗概により栽培した各作物を収穫し，その肥料成分及び各年次の収穫跡地土壌について理化学性について分析を行つた。

1）作物体　N　：　セミミクロケルダール法
　　P_2O_5：　灰化珪酸分離後 LORENZ法
　　K_2O　：　過塩素酸法

2）土壌　機械的組成：　A.S.K法
　　耐水性団粒：　京大農芸化学法[5]
　　pH　：　硝子電極法
　　置換酸度　：大工原氏法
　　加水酸度　：N一醋酸石灰法
　　窒素，燐酸吸収係数：　本邦土性調査法による2.5%燐酸アンモニア法
　　置換容量，置換性塩基　：　A.O.A.C法
　　全炭素　：　TURIN 氏法
　　加水分解性炭素　：　2% H_2SO_4 によつて1時間加水分解を行い，溶出する炭素を測定
　　腐植　：　臭化アセチルによる分別法

III 試験結果

1. 作物の生育及び収量（圃場試験）

試験期間における気象状況を第2表に，各年次の作物生育相の変化として草丈の生長曲線を第1図〜第3図に示しまた収量調査の結果を第3表〜第5表に示した。

第 2 表　気象状況　（1953 〜 1955）

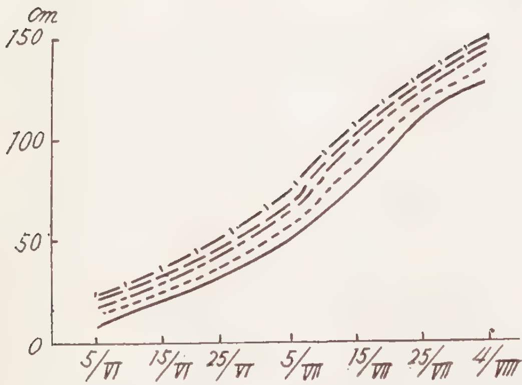
	平均気温（°C）				降水量（mm）				日照時数（hr）			
	1953年	1954年	1955年	平年	1953年	1954年	1955年	平年	1953年	1954年	1955年	平年
5月	9.6	9.2	8.9	9.8	93.8	54.4	271.6	71.5	191.4	169.6	121.9	171.8
6月	14.3	11.5	15.3	14.3	104.6	88.2	57.9	69.4	152.6	115.0	183.4	144.1
7月	18.8	16.1	22.4	18.9	211.9	37.9	85.8	83.3	88.4	93.7	167.1	138.4
8月	19.5	19.0	21.0	21.0	148.0	148.0	148.2	100.1	143.3	59.3	107.9	148.5
9月	16.2	16.5	14.6	15.4	137.7	128.7	215.2	156.9	153.4	98.1	93.1	130.6
10月	8.6	7.3	9.8	8.9	55.4	131.8	322.2	94.8	191.8	102.8	129.3	151.2

（備考　平年 1942〜1952，11ヵ年平均　火山灰地研究室，調）

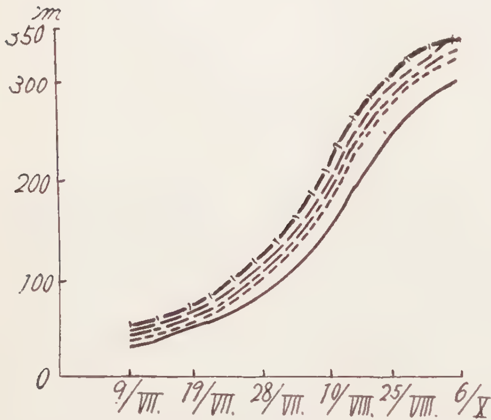
えん麦（初年目）：堆厩肥を各区施用後整地し，5月6日播種，5月14日発芽始に達し，その状況は各区大差なく良整であつた。しかしその後6月11日までに晴天が3日間あつたのみで多雨低冷な日が続きやや生育が停滞気味であつたが，6月下旬ころから堆厩肥施用量の増加に伴い生育量も増し堆肥不施用区が最も生育が悪く，区間の差が著しく現われて来て7月18日出穂期に達し，8月24日に収穫した。収量においても生育と同様な傾向で堆厩肥施用量を増すに従つて増収を示した。

デントコーン（2年目）：5月19日に播種したがきわめて不順な気象経過をとり8月下旬まで低温に過ぎ，9月に入つて平年並になりやや回復したが全般に日照が不足し作物の生育ははなはだ不良であつた。8月26日雄蕊抽出期に達するも不施用区のみは雄蕊抽出期が4日遅れて8月29日であつた。10月26日収穫を終えて収量調査の結果はえん麦同様堆厩肥施用量を増すに従つて増収を認めた。

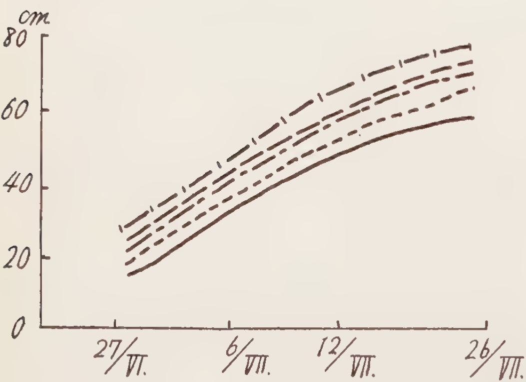
馬鈴薯（3年目）：5月17日播種し，6月6日発芽始で区間の差は見られず開花始は7月13日であつた。本年は播種期から収穫に至る気象経過は比較的順調で，堆厩肥施用後3年目であるが不施用区に比して堆厩施用区は施用量の増加に従つて7月9日ころから生育に差が現われ，生育が良好で9月20日収穫を完了し，収量調査の結果も堆厩肥



第 1 図　え ん 麦 (1953)



第 2 図　デントコーン (1954)



(1.) 不施用区 ————
(2.) 1125Kg区 - - - - -
(3.) 2250Kg区 — - — -
(4.) 3375Kg区 — — —
(5.) 4500Kg区 —·—·—

第 3 図　馬 鈴 薯 (1955)

施用量の多い程増収を示した。

第 3 表　えん麦 (ビクトリー 1 号) 1 区当kg

区別	堆厩肥不施用区	堆厩肥1125kg施用区	堆厩肥2250kg施用区	堆厩肥3375kg施用区	堆厩肥4500kg施用区
總重量 kg	11,156	13,613	14,438	17,100	16,950
莖稈重量 kg	6,617	8,160	8,565	9,106	10,329
子実重量 kg	4,492	5,423	5,831	5,952	6,594
収量割合 %	100	121	130	132	147
1 立重量 g	464	464	468	462	467
千粒重量 g	28.7	29.1	29.3	28.7	29.1
子実重 / 莖稈重%	68.0	66.5	68.1	65.4	63.8
子実重 / 總重量%	40.3	39.8	40.3	34.8	38.9

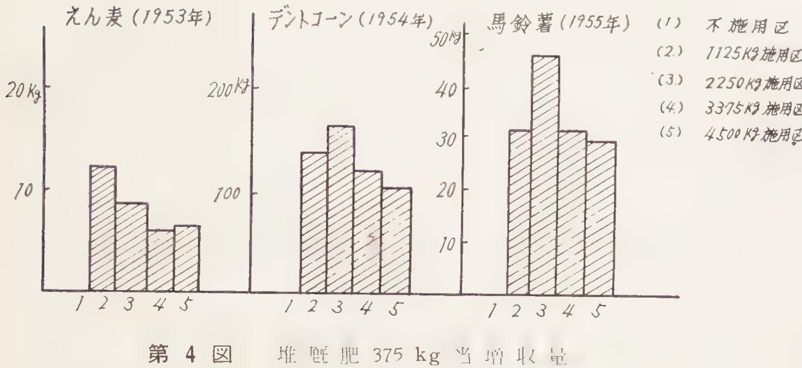
第 4 表　デントコーン(黄早生) 1 区当 kg

区別	堆厩肥不施用区	堆厩肥1125kg施用区	堆厩肥2250kg施用区	堆厩肥3375kg施用区	堆厩肥4500kg施用区
生草重量 kg	84,500	94,950	109,200	111,400	116,300
収割割合 %	100	112	129	132	138

第 5 表　馬鈴薯 (紅丸)　1 区当 kg

区別	堆厩肥不施用区	堆厩肥1125kg施用区	堆厩肥2250kg施用区	堆厩肥3375kg施用区	堆厩肥4500kg施用区
總薯重量 kg	39,150	41,625	46.235	46,505	48,235
總個数 コ	779	729	776	767	691
収量割合 % (薯重量)	100	106	118	119	123
總重に対する重量割合 150g 以上	7.36	6.01	7.45	7.61	8.43
總重に対する重量割合 75g～150g	41.38	47.45	43.80	50.21	48.51
澱粉価	16.1	16.1	16.1	16.3	16.4

各年次共不施用区に比して堆厩肥施用区が生育，収量共に増加を示しているが収量共に増加を示しているが，収量の増収率は初年目が最も高く，2 年，3 年目と年の経過に従つて低下して来ている。なお収穫物の品質についてはえん麦，デントコーンでは余り差が認められないが，馬鈴薯では75 g 以上の大薯の増加が見られ且つ 3,375～4,500 kg 施用区では澱粉価がやや高い傾向を認めた。これらの収量調査から各作物の堆厩肥不施用に対する堆厩肥 375kg 当の増収量 (10アール当)を第 4 図に示したが，えん麦では 1125kg 施用区，デントコーン及び馬鈴薯では 2250kg施用区が最高であつた。



第 4 図　堆厩肥 375 kg 当増収量

施用量が異なつた試験区において明らかな差が認められないが加里においては堆厩肥の施用量の増加に伴つて高い値を示している。2年目の土壌では燐酸，石灰が堆厩肥を多量に施用した試験区では増しており加里は初年目に比して減少して来ている。3年目は各成分共 3,375kg～4,500kg 施用区を除いて大差がなくなつて来た。

2. 養分供給的効果

堆厩肥の施用によつて各年次共作物の生育相が良好になり，収量の増加を示したが，堆厩肥の効果としてはまずその含有する肥料養分の効果が考えられるので，作物の養分吸収状況と土壌の有効態成分の両面から検討を加えた。

(1) 養分吸收状況

各年次における収穫物の肥料3成分含有率と収量指数との関係を第5図-a～第7図-aに示した。初年目えん麦では窒素，燐酸，加里共に堆厩肥施用量の増加に従つて高い傾向を示すが，特に堆厩肥 3375 kg 施用区より著しく高まる。

2年目デントコーンでは燐酸はほとんど差がなく窒素，加里が 4500 kg 施用区で高まる割合が高い。3年目馬鈴薯では次第に区間の差が減少してむしろ堆厩肥の施用量を増すにつれて逆に塊茎の窒素含有率がおちてくる加里の含有率は上昇する傾向が認められた。

各作物の窒素，燐酸，加里の10アール当吸収量を算出して見ると第5図-b～第7図-bのごとくである。えん麦においては各養分共直線的に堆厩肥の増量につれて吸収量が増加している。2年目のデントコーンでは 2250kg 施用区まで吸収量が上昇しているが燐酸ではそれ以上大差なく窒素，加里では 4500 kg 施用区の吸収量が多くなつている。馬鈴薯はデントコーンと同様 2250 kg区と 3375 kg 施用区で養分吸収量が多くなつている。

(2) 土壌の有効態成分

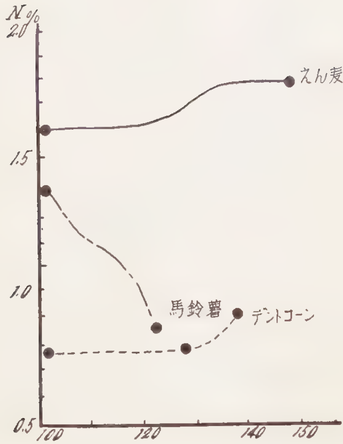
各年次の収穫跡地土壌の有効態成分として N/5 HCl 可溶物を測定した結果を第6表に示し，更に施用した堆厩肥によつて土壌中の全炭素及び全窒素含有量の変化並びにワツクスマン氏の2% H_2SO_4 による酸加水分解物中の炭素を測定した結果を第7表-a及び第7表-bに示した。

土壌中の N/5 HCl 可溶物は燐酸，加里，石灰共に堆厩肥の施用によつて増加し初年目は燐酸，石灰は堆厩肥の

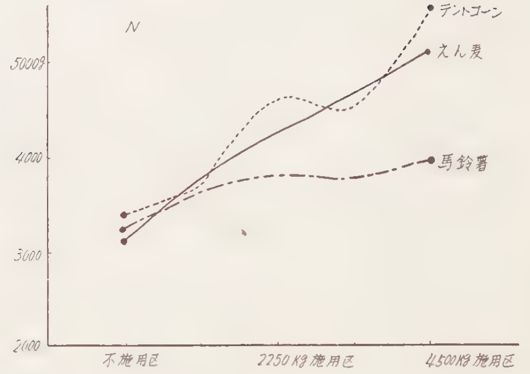
第 6 表　収穫跡地の有効態成分（N/5 HCl 可溶物）

区別	P_2O_5 %	CaO %	K_2O %
A. 堆厩肥施用前 (1953年春)			
1. 不施用区	0.036	0.230	0.016
2. 1125 kg 施用区	0.035	0.196	0.012
3. 2250 kg 〃	0.049	0.186	0.010
4. 3375 kg 〃	0.039	0.178	0.010
5. 4500 kg	0.047	0.181	0.015
B. えん麦収穫跡地 (1953年秋)			
1. 不施用区	0.038	0.219	0.011
2. 1125 kg 施用区	0.046	0.208	0.012
3. 2250 kg 〃	0.043	0.196	0.012
4. 3375 kg 〃	0.043	0.186	0.017
5. 4500 kg 〃	0.046	0.186	0.022
C. デントコーン収穫跡地 (1954年秋)			
1. 不施用区	0.048	0.162	0.010
2. 1125 kg 施用区	0.047	0.169	0.010
3. 2250 kg 〃	0.063	0.202	0.011
4. 3375 kg 〃	0.060	0.204	0.013
5. 4500 kg 〃	0.066	0.261	0.014
D. 馬鈴薯収穫跡地 (1955年秋)			
1. 不施用区	0.043	0.146	0.008
2. 1125 kg 施用区	0.043	0.160	0.009
3. 2250 kg 〃	0.045	0.169	0.011
4. 3375 kg 〃	0.058	0.194	0.012
5. 4500 kg 〃	0.057	0.269	0.016

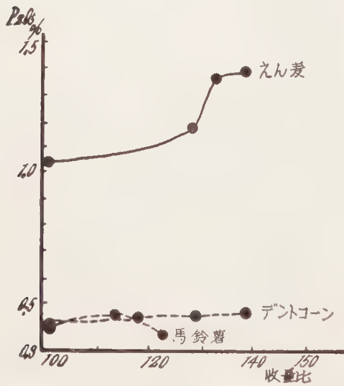
全炭素及び全窒素は堆厩肥施用によつて著しく増加を来たしたが2年，3年目と年次の経過に伴い低下の傾向を



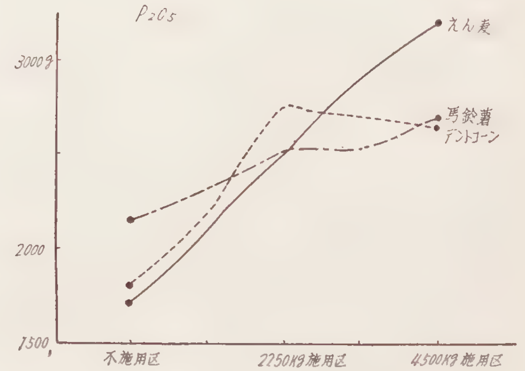
第 5 図-a　N含有率と収量比との関係



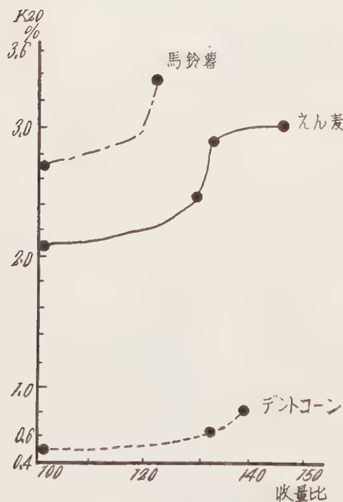
第 5 図-b　窒素吸収量（g/10アール）



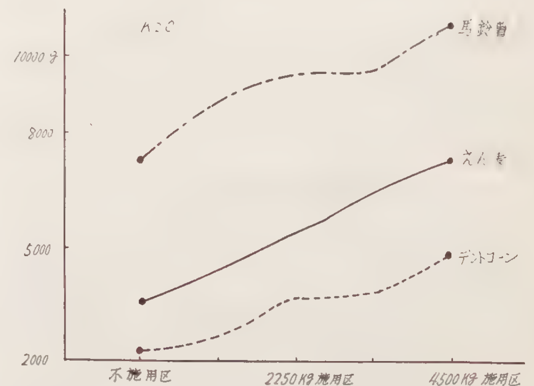
第 6 図-b　P_2O_5 含有率と収量比との関係



第 6 図-b　燐酸吸収量（g/10アール）



第 7 図-a　K_2O 含有率と収量比との関係



第 7 図-b　加里吸収量（g/10アール）

第7表—a　土壌中の窒素，炭素及び腐植含量

区別	腐植%	全窒素%	全炭素	C/N Ratio	区別	腐植%	全窒素%	全炭素	C/N Ratio
堆厩肥施用前（1953年春）					デントコーン収穫跡地（1954年秋）				
1. 不施用区	6.96	0.244	3.80	15.6	1. 不施用区	6.08	0.223	3.32	14.8
2. 1125 kg 施用区	6.62	0.244	3.61	14.8	2. 1125 kg 施用区	6.58	0.226	3.59	15.8
3. 3375 kg 〃	6.37	0.246	3.48	14.1	3. 2250 kg 〃	6.65	0.226	3.63	16.0
4. 3375 kg 〃	6.68	0.236	3.65	15.5	4. 3375 kg 〃	6.88	0.226	3.75	16.6
5. 4500 kg 〃	6.82	0.234	3.73	15.9	5. 4500 kg 〃	6.90	0.251	3.77	15.0
えん麦収穫跡地（1953年秋）					馬鈴薯収穫跡地（1955年秋）				
1. 不施用区	6.91	0.244	3.77	15.5	1. 不施用区	5.50	0.211	3.02	14.3
2. 1125 kg 施用区	7.39	0.256	4.04	15.8	2. 1125 kg 施用区	5.60	0.221	3.06	13.9
3. 2250 kg 〃	6.75	0.253	3.69	14.6	3. 3375 kg 〃	5.75	0.221	3.15	14.2
4. 3375 kg 〃	7.22	0.256	3.94	15.4	4. 3375 kg 〃	6.00	0.242	3.28	13.6
5. 4500 kg 〃	7.94	0.301	4.33	14.4	5. 4500 kg 〃	6.10	0.261	3.34	12.8

示し，C/N ratio は 4500 kg 施用によつて小さくなつた。易分解性部分としての2％ H_2SO_4 に溶出する炭素は室温で浸出される有機物が堆厩肥施用した当年には施用量の多い方が多いが以後は当初よりかえつて少くなる傾向を示した。

第7表—b　加水分解性炭素　(C/乾土1g)

区別	処理	不施用区	2250 kg 区	4500 kg 区
堆厩肥施用前（1953年，春）	2％ H_2SO_4 1時間加熱 (A)	6.38(mg)	6.14(mg)	6.54(mg)
	〃 室温浸出 (B)	4.88	4.91	4.99
	A — B	1.50	1.23	1.53
えん麦跡地（1953年，秋）	2％ H_2SO_4 1時間加熱 (A)	6.03	7.17	7.51
	〃 室温浸出 (B)	4.76	5.10	5.50
	A — B	1.27	2.07	2.01
デントコーン跡地（1954年，秋）	2％ H_2SO_4 1時間加熱 (A)	6.30	6.57	7.08
	〃 室温浸出 (B)	4.44	4.20	4.19
	A — B	1.86	2.37	2.89
馬鈴薯跡地（1955年，秋）	2％ H_2SO_4 1時間加熱 (A)	6.31	6.62	7.06
	〃 室温浸出 (B)	4.28	4.23	4.13
	A — B	2.03	2.39	2.93

加水分解で浸出される有機物は1年目に著しく増加し，2年目にはかなり減少するが3年目はあまりかわらない。従つて加水分解のみで浸出される有機物はむしろ年とともに増加の傾向にあることになるが特に堆厩肥の施用によつて増加を示した。

(3) 土地改良的効果

堆厩肥施用によつて作物の養分吸収利用が能率的に行われて，その生育が良好になり，増収をあげえたが他方堆厩肥の施用が土壌にいかなる変化をもたらしたかを検討するために堆厩肥施用前及び収穫跡地土壌について調査を行つた。

1) 土壌の物理性に及ぼす影響

初年目のみの堆厩肥施用によつて土壌の一般物理性及び機械的組成並びに耐水性団粒に与えた影響について測定

した結果を第8表〜第10表に示した。一般物理性及び機械的組成については余り明らかな傾向は認められずまた耐水性団粒においても 4,500 kg 施用区が多少増加を示したにすぎない。

2) 土壌の化学性に与える影響

pH: 土壌の反応については第11表に示した通り各年次の春，秋に採取した土壌の水懸濁液と規定塩化加里浸出液の pH の推移を見ると多少の変動はあるが水懸濁液の pHは初年目のみ秋に上昇し，2年，3年目となると 3375kg 及び 4500kg 施用区においては変動が少なく，他区においてはやや変動が大きい傾向を示した。

第 8 表　一般物理性

堆厩肥施用前　(1953年，春)

区別		不施用区	1125kg施用区	2250kg施用区	3375kg施用区	4500kg施用区
水分 %		8.03	9.29	8.44	9.29	9.70
真比重		2.57	2.65	2.62	2.54	2.56
容積重g	粗	82.6	86.2	85.6	83.3	83.0
	密	103.3	102.4	101.4	100.6	101.0
	平均	93.0	94.3	93.5	92.0	92.0
容積比重	粗	0.76	0.78	0.78	0.76	0.74
	密	0.95	0.93	0.93	0.91	0.91
	平均	0.86	0.86	0.86	0.84	0.83
土壌の実積 %	粗	29.53	29.49	29.81	29.90	28.95
	密	36.91	35.16	35.54	35.80	35.60
	平均	33.22	32.33	32.68	32.85	32.29
孔隙量%	粗	70.47	70.51	70.29	70.10	71.05
	密	63.09	64.84	64.46	64.20	64.40
	平均	66.78	67.68	67.38	67.15	67.73

馬鈴薯収穫跡地　(195年，秋)

区別		不施用区	1125kg施用区	2250kg施用区	3375kg施用区	4500kg施用区
水分 %		7.81	6.96	4.81	4.69	4.79
真比重		2.55	2.50	2.55	2.54	2.56
容積重g	粗	89.4	85.1	91.1	90.9	89.7
	密	100.1	94.6	102.1	100.5	100.2
	平均	94.8	89.9	96.6	95.7	95.0
容積比重	粗	0.85	0.79	0.87	0.87	0.85
	密	0.95	0.88	0.93	0.96	0.95
	平均	0.90	0.84	0.92	0.92	0.90
土壌の実積 %	粗	35.36	33.63	36.11	36.22	35.21
	密	37.33	35.23	38.07	37.80	37.17
	平均	36.35	34.43	37.09	37.01	36.19
孔隙量%	粗	64.64	66.37	63.89	63.78	64.79
	密	62.67	64.77	61.93	62.20	62.83
	平均	63.65	35.57	62.91	62.99	63.81

第 9 表　機械的組成

区各	粒径 2.00〜0.25 mm	0.25〜0.05 mm	0.05〜0.01 mm	0.01> mm
1953年，春　堆厩肥施用前				
不施用区	35.1	24.5	16.8	23.6
1125 kg 施用区	36.8	26.1	14.5	22.5
2250 kg 〃	36.2	25.3	14.4	24.1
3375 kg 〃	34.8	26.4	15.5	23.8
4500 kg 〃	34.5	26.7	14.7	24.1
1955年，秋　馬鈴薯収穫跡地				
不施用区	33.2	27.2	15.1	24.5
1125 kg 施用区	32.8	29.8	14.4	23.0
2250 kg 〃	34.2	28.7	13.7	23.4
3375 kg 〃	35.4	27.3	13.6	23.7
4500 kg 〃	34.9	29.2	13.9	22.0

第 10 表　耐水性団粒 (>0.25mm)

区別	不施用区	2250kg区	4500kg区
堆厩肥施用前 (1953年，春)	41.3(%)	39.9(%)	39.4(%)
馬鈴薯収穫跡地 (1958年，秋)	42.0	40.7	44.0

全般を通じて水懸濁液の pH は春先に上昇し秋にやや低下する傾向を示したのに対して規定塩化加里の pH はその逆に春に低下し，秋に上昇の傾向が認められた。また水懸濁液の pH が堆厩肥施用量の増加に従つてやや高く，塩化加里 pH にては一定の傾向は余り認められない。

酸　度: 置換酸度及び加水酸度について見ると置換酸度はほぼ pH 価と同一斜向を示し，加水酸度は施用量の増加に従つて低下の傾向が認められたが大体において土壌の反応に及ぼす影響は年次の経過に伴い次第に弱くなつて来る傾向が 3,375〜4,500 kg 施用区に認められた。

窒素及び燐酸吸收係数: 窒素及び燐酸吸収係数を測定して見ると第12表のごとくで窒素の吸収係数は余り明らかな傾向は見られないが燐酸吸収係数は年次の経過と共に低下して来る傾向にあり特に 3,375〜4,500kg 施用区においては明らかにその傾向が認められた。

第 11 表　土壌の反応

	区別	1953年春	1953年秋	1954年春	1954年秋	1955年春	1955年秋
$pH(H_2O)$	不施用区	5.30	5.55	5.65	5.10	5.65	5.15
	1125kg区	5.20	5.65	-	5.15	—	5.40
	2250kg区	5.10	5.50	5.55	5.20	5.50	5.40
	3375kg区	5.20	5.60	—	5.55	—	5.65
	4500kg区	5.20	6.65	5.70	5.60	5.95	5.80
pH (N-KCl)	不施用区	4.60	4.37	4.20	4.10	4.02	4.70
	1125kg区	4.43	4.30	—	4.10		4.10
	2250kg区	4.35	4.30	4.10	4.15	3.98	4.60
	3375kg区	4.30	4.28	—	4.35	—	4.55
	4500kg区	4.25	4.50	4.10	4.50	4.15	4.57
置換酸度	不施用区	2.2	2.8	2.5	4.4	4.0	1.8
	1125kk区	2.9	2.8	—	4.4	—	2.1
	2250kg区	2.9	2.8	2.5	2.9	4.0	2.1
	3375kg区	3.3	2.5	—	2.2	—	2.0
	4500kg区	3.3	2.5	2.5	2.2	4.2	2.1
加水酸度	不施用区	67.13	62.40	80.81	76.35	83.72	73.44
	1125kg区	67.50	66.07	—	75.75	-	72.66
	2250kg区	71.55	68.72	79.35	69.00	83.72	72.66
	3375kg区	68.28	55.12	—	57.22	—	65.63
	4500kg区	66.81	53.92	76.44	55.42	71.34	65.63

第 12 表　窒素及び燐酸吸収係数

区別	窒素吸収係数				燐酸吸収係数			
	1953年春	1953年秋	1954年秋	1955年秋	1953年春	1953年秋	1954年秋	1955年秋
不施用区	358	351	356	364	2002	1952	2004	2047
1125kg区	351	336	348	356	2064	1947	1968	1817
2250kg区	329	314	332	348	1977	2047	1953	1890
3375kg区	326	312	308	316	1900	1870	1741	1711
4500kg区	307	344	308	335	1967	1900	1555	1456

N/2 醋酸可溶礬土：土壌の礬土性と密接に関係するN/2 醋酸可溶礬土を測定した結果を第 13 表に示したがN/2 醋酸可溶礬土は堆厩肥施用量の増加に伴い低下の傾向があり，春，秋を比較すると春は秋に比して多少増加しており逆に石灰においては堆厩肥施用により増加し 4500 kg 施用区がかなり増加しているのが認められ，しかも概して秋に増加する傾向がある。

置換容量及び置換性塩基：置換容量及び置換性塩基について見ると第14表のごとくである。堆厩肥施用前の原土に比較して置換容量が増し，置換性塩基が増加し，塩基飽和度が高まる傾向が認められるが 2250kg 施用区では一度

第 13表　N/2 醋酸可溶 Al_2O_3 及び CaO

年次		Al_2O %			CaO %		
		不施用区	2250kg区	4500kg区	不施用区	2250kg区	4500kg区
1953年，	春	0.105	0.107	0.104	0.137	0.124	0.134
〃	秋	0.114	0.097	0.091	0.153	0.137	0.153
1954年，	春	0.199	0.021	0.104	0.130	0.130	0.163
〃	秋	0.134	0.114	0.060	0.130	0.144	0.219
1955年，	春	0.146	0.136	0.100	0.108	0.108	0.178

第 14 表　置換容量，置換性塩基

	置換容量 m_2/100g	置換性塩基量 m_2/100g	塩基飽和度 %
1953年，春			
原土	12.08	2.96	24.5
1953年，秋			
不施用区	12.08	3.07	25.4
2250 kg 区	12.74	4.71	36.97
4500 kg 区	15.31	5.43	35.47
1954年，秋			
不施用区	12.08	2.54	21.0
2250 kg 区	12.54	3.26	26.0
4500 kg 区	16.77	6.71	40.0

第 15 表　臭化アセチルによる処理

区別	可溶部/土壌%	不溶部/土壌%	不溶部/有機部%
堆厩肥施用前（1953年，春）			
不施用区	4.68	5.01	5.17
2250 kg 区	5.55	4.54	45.0
4500 kg 区	5.05	4.22	45.5
えん麦跡地（1953年，秋）			
不施用区	4.85	4.76	49.6
2250 kg 区	5.16	5.08	49.6
4500 kg 区	5.16	5.32	50.8
デントコーン跡地（1954年，秋）			
不施用区	5.60	3.54	38.7
2250 kg 区	5.82	3.90	40.1
4500 kg 区	4.42	5.46	54.5
馬鈴薯跡地（1955年，秋）			
不施用区	5.48	3.56	39.4
2250 kg 区	5.38	3.71	39.8
4500 kg 区	4.43	4.80	51.2

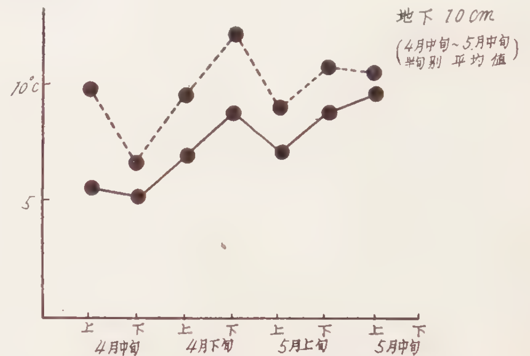
増えた置換性塩基が2年目には著しく減少に示し,4500kg施用区では多量の塩基が維持されてむしろ前年より増加の傾向にある。

腐 植: 土壌中の腐植に与える影響が当然考えられるが一応いかなる状況にあるかを判別するために臭化アセチルを用いて各年次の収穫跡地土壌について分析を試みたその結果を第15表に示した。

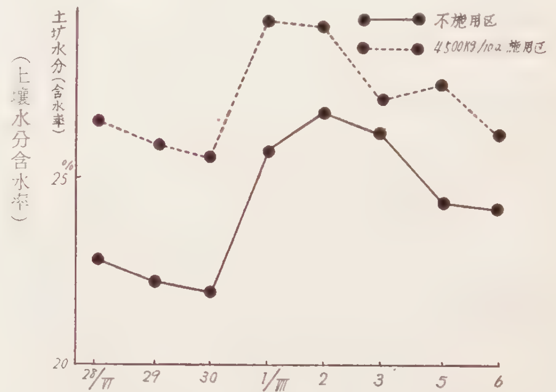
可溶部は不施用区で2年目以降著しく増える傾向を示すが,2250 kg 施用区では2年目に増えて3年目には減りはじめ 4500kg 施用で1は年目に少しく増え,2年目以降急激に減少し多量の堆厩肥の施用は可溶部分の減耗を促進することになる。不溶部分はこれとは反対に不施用区では年ごとに著しく減少し,2250 kg 施用では1年目に増えるが2年目以降試験開始当初よりも減り,4500 kg 施用では1年目,2年目と増えて3年目には減少し,一般に著しく減る傾向にあり,堆厩肥はその維持に役立つことが認められる。

3) 土壌気象に与える影響

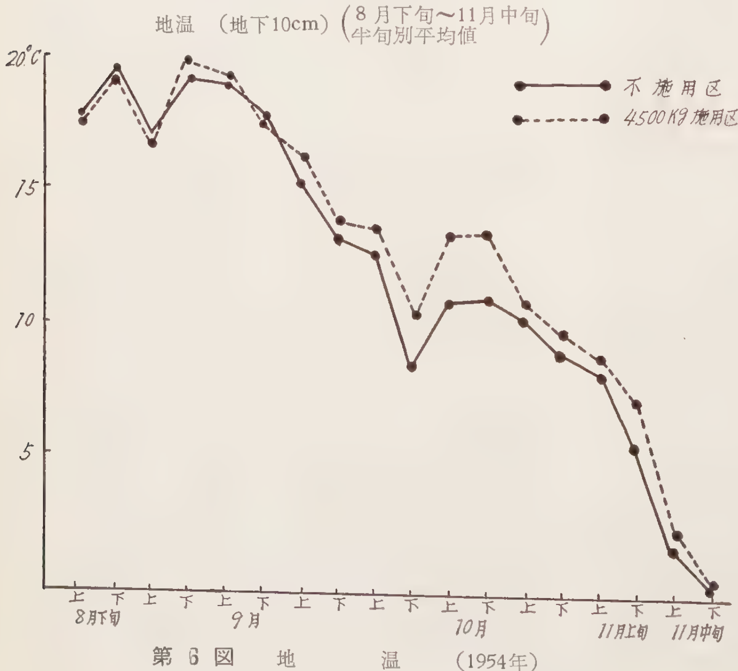
試験圃場において地温及び土壌水分に対する堆厩肥施用の影響をみるために堆厩肥不施用区及び堆厩肥 4500 kg 施用区について8月〜11月(1954)と翌年4月〜5月(1955)の春先にかけて地温を調査した結果は第6図〜第7図に示すごとくであり,また同試験区から地下5 cm 附近から採土し,6月〜7月(1954)及び同年10月〜11月(1954)凍結前から凍結始にかけて土壌水分を調査した。その結果を第8図〜第9図に示したが,地温においては8月下旬から9月上旬にかけては堆厩肥施用区が不施用に比して0.3°〜0.5°C低めに経過しているがそれ以降は逆に約 1°C 程度高温を示した。



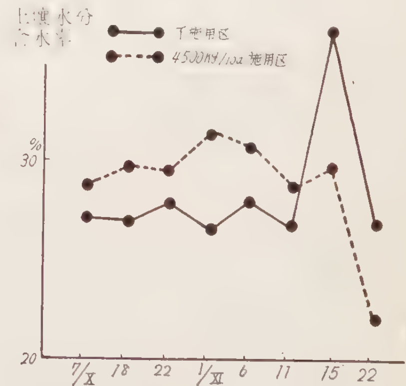
第 7 図 地 温 (1955年)



第 8 図 土 壌 水 分 (1954年)



第 6 図 地 温 (1954年)



第 9 図 土壌水分 (1954年)

また4月中旬〜5月中旬にかけて融凍期には不施用区に比して堆厩肥施用区がやや高い傾向を示した。

土壌水分については夏期の乾燥気味な時期においては堆厩肥施用区が不施用区に比して3〜4%高く経過し,秋期凍

結が始まると逆に土壌水分が減少する傾向が認められた。

Ⅳ 考　　察

堆厩肥に関する試験研究[1]は古くから数多く実施されており，その施用効果についても多く報告[3),9)]されている。十勝火山灰地においても堆厩肥連用の効果及び連用跡地における主要理化学性について上田が[10),11)]報告しているが一般物理性については余り明らかな差が認められず，腐植及び全炭素の増加が認められている程度である。著者らは本報において十勝火山灰地に対する堆厩肥施用の効果を解析するに当り継続的な圃場試験を実施して直接効果としての養分供給並びに間接効果として物理性及び化学性改良の効果について検討を加えた。

作物の生育及び収量は初年目が最もよく２年目，３年目と年次の経過に従つて効果が減少して来るが収穫物の肥料成分と収量指数との関係及び養分吸収量から見られるごとく窒素及び燐酸が能率的に吸収利用されており，また加里の含有率を著しく高め，吸収量も堆厩肥施用によつて増加が認められる。

しかしながら堆厩肥の施用によつて堆厩肥中に含まれている肥料３成分の肥効は供試作物，その年の気象条件などによつて多少相違するものと思われる。すなわち初年目えん麦においては化学肥料の施用量が少なめであつたためか堆厩肥施用量の増加に伴い直線的に養分吸収量が増加している。2 年目デントコーン，3 年目馬鈴薯と年次の経過につれて吸収量も減少して来るが3375～4500 kg 施用ではなお施用効果が明らかに認められる。このよにう作物による養分吸収利用が堆厩肥施用によつてより能率的に行われ，作物の生育，収量により結果をもたらしていることが推察される。

跡地土壌についても窒素及び有効態成分の増加から見て土壌中の窒素の潜在地力が増大し，燐酸，加里，石灰などの有効成分の増加と共に生産力の向上に役立つものと考えられる。一般に堆厩肥施用によつて易分解性有機物が著しく増加して来て，その消長と収量比率とが同様な傾向を示すことが認められる。しかしながら跡地土壌の分析によえる加水分解によつて溶出する有機物は臭化アセチル可溶部と同様堆厩肥の施用によつて増加するが，必しも著しい減耗を示しておらない。これは毎年の作物の遺体の供給がかなり影響を与えるためと考えられる。そのためむしろ酸のみで浸出されるフルボ酸部分が堆厩肥の施用後はげしい減耗過程を明らかに示すことになり，このような易分解性の部分が窒素，燐酸の給源として役立つものと思われる。これに加えて堆厩肥中に含まれている苦土，石灰，珪酸などの作物に必要な成分を含有している点を考慮するならば一層易分解性有機物の補給とあわせて養分供給的効果の著しいことが考えられる。

次に収穫跡地の一般物理性についてみると青木[2)]は多量の堆厩肥の施用によつてのみ土壌の団粒化及び通気に対して好影響を与えるといい，また塩入[8)]は厩肥で土壌の物理性を改良するのは無理であるといつており，本試験においても一般物理性及び機械的組成には余り明らかな傾向が認められない。他方化学性については塩基置換容量の増加にともない置換性塩基の含量も増し，土壌の酸性もやや弱まる傾向にあり，活性アルミニウムの減少と土壌の燐酸吸収係数の低下することにより特に火山灰地においては併用した化学肥料の肥効増進効果を著しく増加させるものと考えられる。また臭化アカチルによる分別では堆厩肥施用前の試験区が必ずしも均一であるとはいえないが大体の傾向としてつかみうることは作付により臭化アセチル可溶の未分解の有機物は跡地に残される根株その他の作物体により増加し，ことにデントコーンではその傾向が著しいと思われるが臭化アセチル不溶の腐植化の進んだ物質は著しく減少しことにデントコーンでは明らかに認められる。堆厩肥の施用はそのもの自体が不溶部分が多いことによつて土壌のこの部分の補給維持に役立つものであるが，これに対して可溶部分が堆厩肥の施用によつてその絶対量を減少することが認められており，これは微生物活動の促進によるものと考えられる。また無機養分の吸収は地温が低いと減退するものであるから堆厩肥の施用によつて春先多少たりとも地温が高いことは種子の発芽を良好にすると共に養分吸収を促進してその後の地下部及び地上部の発育にも著しく影響をもたらすであろう。地温が９月上旬から11月中旬にかけて堆厩肥施用によつて高まることは春先の地温の上昇と共に作物に与える影響は著しいものと考えられる。土壌水分においても堆厩肥を施用すると有効水を増して夏期乾燥気味の時に水分含量が高く，逆に秋凍結始頃に水分が少なくなるのは当地方としては土壌凍結抑制にも良い結果をもたらすことと考える。これらの点は少量の堆厩肥施用によつては余り期待出来ないが耐久腐植としてことに化学性を改良しその土地改良的効果も明らかに認められるところである。

以上の考察により十勝火山灰地における堆厩肥の施用効果の解析がなされ，その養分供給や土地改良の効果について問題点がほぼ明らかにされたが，しかしこれを更に発展させ堆厩肥の施用効果を増進する方法を見出すためにはまず火山灰土壌における堆厩肥の分解過程の特性を明らかにする必要がある。次いで化学肥料や灌水と組合せた施用試験により肥料要素や水分供給の効果を解析し，播溝その他の施用方法の検討を行い，また特に添加物によるその効果の持続性をはかる方法を見出し更には他の有機物として緑肥や藁稈などの施用効果との比較を行うなど各種の室内

及び圃場試験が順次なされなくてはならない。

V 要 約

十勝火山灰地において堆厩肥施用効果試験を昭和28年より行い，堆厩肥施用効果を解析するために著者らはその効果を養分供給的効果と土地改良的効果とに分けて検討を行つた。その結果の概要は次のごとくである。

1) 十勝火山灰地における堆厩肥施用は作物の生育収量に及ぼす影響が甚だ大であるが，その効果は初年目に最も著しく，2年，3年目と減少した。

2) 堆厩肥の施用によつて作物の養分吸収利用が能率的になり，土壌中の有効態成分の増加と共に易分解性有機物の補給を加えて栄養腐植として養分供給的効果が著しく認められた。

3) 少量の施用では土壌の理学性に与える影響は余り明らかでないが（化学性においては燐酸吸収係数の低下と共に礬土性の軽減及び塩基置換容量の増大等効果も認められ土壌水分，地温に及ぼす影響もあわせて土地改良的効果も認められた。

終りにのぞみ，本研究を行うに当り種々有益な御教示を頂いた北大農学部教授石塚喜明博士，終始御指導を頂いた当場畑作部長西潟高一技官及び圃場実験に協力された土壌肥料第3研究室伊藤邦男技官に対して深甚な謝意を表する。

参 考 文 献

1) 農業改良局研究部：堆肥並びに綠肥に関する試験研究の概要（畑作関係）
2) 青木茂一 (1954)：土壌の植生（養賢堂） 60
3) 花田稔 (1944)：土・肥・誌.，15，165〜169
4) 石塚喜明，佐々木清一(1955)：土・肥・誌，27，63〜70
5) 京大農学部農藝化学教室編 (1952)：農藝化学実験書上巻 263
6) 佐々木清一・石塚喜明 (1956)：土・肥・誌，27，135〜139
7) 瀬尾春雄 (1951)：北農試土性調査報告 第1編
8) 塩入松三郎 (1953)：土壌肥料講話（朝倉書店）. 75
9) 髙崎巻 (1941)：土・肥・誌.，12，476〜486
10) 上田秋光 (1947)：北農，13，299
11) (1948)：北農，14，137
12) 山田 忍(1951)：北海道農業試験場報告，44，

Résumé

In order to make clear the effect of application of organic matter to Tokachi volcanic ash soil, field experiments of stable manure application have been carried out in the Tairsho area in Tokachi district since 1953

The results orn briefly summarued as follows!

1) Manure application shonred active effect upon the growth and yield of the tested crops in volcanic ash soil, but this effect was most remarkable in the first year and became gradually lowes in subseguent years.

2) Efficiency of nutriont utilization by the crops was increased by manure application.

Effect of nutrient supply was mostly due to increase in availiable elements and easily decomposable organic matter in the soil.

3) The effect on the physical properties of the soil was met exanuned but effect on the chemical properties was exanuned when small amount of stable manure was supplied.

These effects were shown in the control of Aluminum activity, decreasing of the phosphorus absorbing power, and increasing of the bose holding copcity. Furthermore, the application of large amounts of stable manure showed good effect for the crops in respect to soil water and temperature.

オオニジユウヤホシテントウの発生回数に及ぼす環境要因について

黒　沢　　強*

ON THE ENVIRONMENTOL FACTORS AFFECTING THE NUMBER OF OCCURRENCE OF THE LARGE 28- SPOTTED LADY BEETLE *EPILACHNA VIGINTOMACULATA* MOTSCHULSKY

By Tsuyoshi KUROSAWA

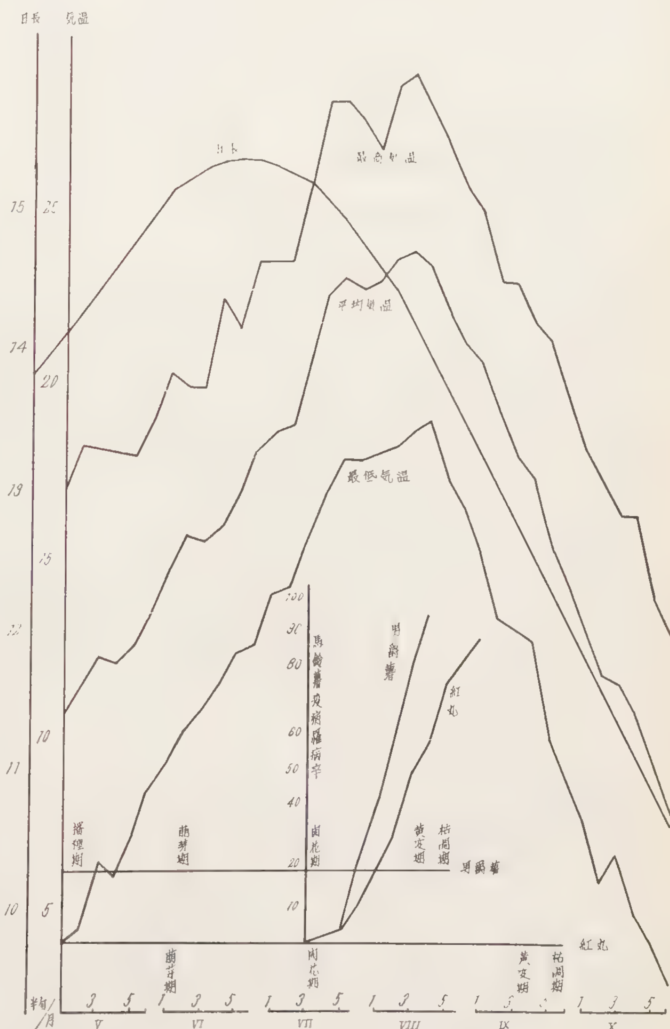
オオニジユウヤホシテントウ *Epilachna vigintomculata* MOTSCHULSKY の年発生回数は地帯により，研究者によつて異なつているが，これが要因の研究については村上(1932)の実験，田辺ら（1934），中山(1939)の野外観察などがあるに過ぎない。すなわち，気象条件として高温，長日，食草条件をあげている。

筆者は札幌地方における発生回数に関与する要因について実験を行い若干の知見を得たので報告する

本文を草するに当り，御指導を賜わつている桑山覚博士，桜井清技官並びに松本蕃技官に感謝の意を表する。また松田節子氏より与えられた御助力に対して厚く御礼を申し上げる。

A　越年成虫と第１化成虫の生活環境の差異

札幌地方では越年成虫の活動は平均 10°C 内外の気温が３～５日間連続するときに観察される。活動を開始した成虫は摂食可能植物（これには前年掘り残しのジヤガイモをも含めて）を摂食しながら，ジヤガイモの萌芽後 10cm 内外に生育した頃に飛来し摂食を始めて６月４旬半前後より産卵する。早い個体では７月６半旬頃より第１化成虫となり，摂食を続け，未産卵のまま９月５半旬頃から移動し越年に入るのが平年の状態である。この間の環境要因の主なるものを示せば第１図のとおりである。



第１図　生活環境図

* 病理昆虫部　虫害第１研究室

気象条件として気温について見ると越年成虫の世代は6月1半旬より7月6半旬〜8月3半旬，第1化成虫の世代は7月6半旬頃から9月5半旬頃までの気温下におり第1化成虫は比較的高温帯であるが両者共に摂食適温範囲15〜25°C・小山1951）内である。また，日長にあつては越年成虫は15時間09分〜15時間23分〜14時間35分まで，第1化成虫は14時間32分〜12時間04分の間で両者間にかなりの日長の長短が見られる。次いで食草の条件として主食草たるジヤガイモ（ここでは「男爵薯」「紅丸」を基準とした）は6月1〜2半旬頃より萠芽し，開花期は7月2〜3半旬で地上部の生育，特に葉の生育が最も旺盛な時期に越年成虫の世代は活動している。これに対して第1化成虫は馬鈴薯疫病の発病蔓延期間内にある。すなわち疫病は7月4〜5半旬より茎葉に発病し，第1化成虫の産卵の始まる8月3〜4半旬頃(前産卵期間は14日内外)は「男爵薯」では70%内外の葉が枯死し，「紅丸」では50%以上が発病している。病勢は次第に進行し8月5半旬以降ではわずかに上葉のみが青葉を止める程度か全く枯死するに至るが，第1化成虫はこの期間内に活動している。以上のような環境のなかで棲息しているのが平年の様相である。

B 第1化成虫の産卵に及ぼす要因

1) 温度の影響

実験方法 供試成虫はジヤガイモ畑より採集した蛹を室温に保護し，そのなかより羽化した体形均一な個体を選んだ。飼育は雌雄各1頭あてペトリシヤーレ（直径 8.6 cm×高さ 2.0 cm）に収容し，処理区毎に 10 組を供試した。食草には新しいジヤガイモの葉を用い，毎日ほぼ一定時刻に産卵の有無を調査した。温度の調節には地下室及び恒温器を使用した。その結果は第1第のとおりである。

第 1 表 第1化成虫の産卵と温度

温度 (°C)	供試虫数	産卵個体率 (%) 全暗	産卵個体率 (%) 自然日長	備考
10.0	10	0.0	—	自然日長
13.0	〃	0.0	—	1) 8月 3日(14.27〜)
15.5	〃	0.0	—	2) 8月 6日(14.20〜)
18.0	〃	0.0	—	3) 8月10日(14.11〜)
18.6	〃	10.0	—	
21.5	〃	—	0.0[1)]	
21.5	〃	—	10.0[2)]	
22.0	〃	10.0	-	
22.5	〃	20.0	—	
24.5	〃	60.0	90.0[2)]	
25.0	〃	10.0	—	
25.7	〃	—	60.0[3)]	
28.0	〃	80.0	-	
30.0	〃	40.0	—	
31.3	〃	—	10.0[1)]	
31.8	〃	—	10.0[3)]	
32.0	〃	0.0	—	

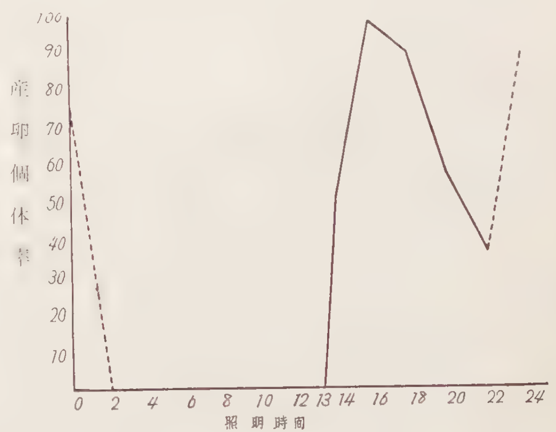
実験結果 第1表によれば 18.6〜31.8°C の範囲内で産卵することがわかつた。この温度範囲は札幌地方における第1化成虫の活動期間内の気温範囲とほぼ同様であるから野外においても第1化成虫は他の条件が好適であれば産卵出来得る可能性は充分にあることになる。

2) 日 長 の 影 響

a. 成虫に対する日長の影響

実験方法 供試成虫は温度の実験の場合とほぼ同様な条件をもつ個体を選んだ。飼育は室温下でペトリシヤーレを用い，産卵数の調査並びに食草の交換は明時間の際に行つた。処理は第2表のとおりである。1953年及び1956年は雌雄各1頭あてとした。1957年及び1958年は雌雄を中型シヤーレ（直径 11.5cm×高さ 2.3cm）に収容し，初産卵を観察した日より前記のペトリシヤーレに各1頭あて飼育した。食草はジヤガイモ葉を用いた。光源としては1953年及び1956年は電球（マツダ・100W）1957年及び 1958年は（マツダ・2.5CP）を用いた。なお処理成虫はこの熱力を受けることが少ない距離に置いた。

実験結果 第2表の結果から平均産卵個体率を算出し表示すれば第2図のとおりである。



第 2 図 第1化成虫の産卵と日長

第2表及び第2図によれば2，4，6，8，10，12，13時間照明では全く産卵する個体がなかつたが，14時間照明以上では産卵が見られた。前産卵期間は大差なく，最も産卵個体率の高かつたのは16時間照明の97.1%であつた。

実験結果

第2表　第1化成虫の産卵と日長

処理時間		供試	実験期日と産卵個体率 (%)									平均産卵	実験
明	暗	虫数	20. Ⅶ	25. Ⅶ	27. Ⅶ	1. Ⅷ	2. Ⅷ	10. Ⅷ	11. Ⅷ	28. Ⅷ	30. Ⅷ	個体率	年度
2	22	10				0.0						0.0	1958
4	20	10				0.0						0.0	〃
6	18	10				0.0						0.0	〃
8	16	5	0.0										1957
		10		0.0								0.0	1953
		10				0.0							1958
		10					0.0						〃
10	14	5	0.0									0.0	1957
		10							0.0				1958
12	12	5	0.0									0.0	1957
		10							0.0				1958
13	11	10				0.0						0.0	〃
14	10	5	0.0										1957
		5			40.0								〃
		10				100.0						50.0	1958
		5						60.0					1957
		10							50.0				1958
16	8	5	100.0										1957
		10		100.0									1953
		5			100.0								1957
		10					80.0					97.1	1953
		5						100.0					1957
		10							100.0				1958
		5									100.0		1957
18	6	5	100.0										〃
		5			100.0								〃
		10				80.0						88.0	1958
		5						60.0					1957
		5								100.0			〃
20	4	10				80.0						55.0	1958
		10							30.0				〃
22	2	10				50.0						35.0	〃
		10							20.0				〃
自然日長													
14.11 ～		5						0.0					1957
14.30 ～		10					10.0						1956
14.43 ～		10			0.0								1957
14.47 ～		10		50.0									1953
14.57 ～		5	100.0										1957

実験結果

第3表　幼虫時の日長と産卵

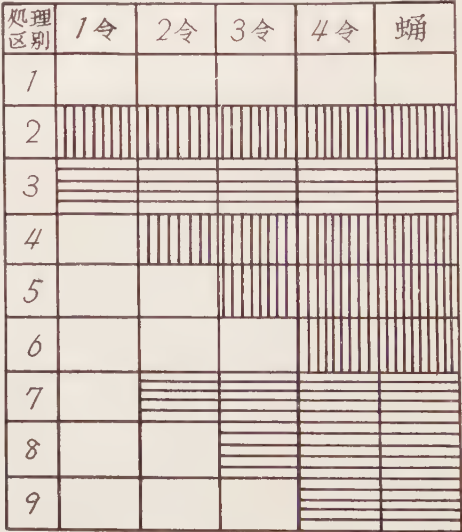
幼虫処理区別	記号	羽化月日	No.	産卵初	産卵数
(1) 自然日長	1	30. VII	1	—	
	〃	〃	2	13. VIII	86
	〃	〃	3	20. VIII	13
	〃	1. VIII	3 組	—	
	〃	2.	1	—	—
	〃	4.	5	—	
	〃	5.	5	—	—
	〃	6.	4	—	—
	〃	7.	1		
	〃	8.	5	—	—
	〃	9.	5	—	-
	〃	12.	5	—	—
	〃	14.	5		
(2) 8時間照明	2	4. VIII	1	21. VIII	38
	〃	〃	2	21. VIII	20
	〃	〃	3	—	—
	〃	〃	4	27. VIII	2
	〃	〃	5	—	—
	〃	5. VIII	2 組	—	—
	〃	12.	5		
(3) 16時間照明	3	5. VIII	2 組	—	—
	〃	6.	1	—	—
	〃	12.	5	—	—
	〃	14.	1		
自然日長 8時間照明	4	1. VIII	1	—	—
	〃	〃	2	28. VIII	6
	〃	〃	3	15. VIII	91
	〃	〃	4	—	—
	〃	〃	5	—	—
	〃	2.	2 組	—	—
	〃	8.	5	—	—
	〃	9.	5	—	—
	5	30. VII	1	—	—
	〃	〃	2	16. VIII	25
	〃	5. VIII	1 組	—	—
	〃	6.	1	—	—
	6	30. VII	1	13. VIII	91
	〃	1. VIII	1 組	—	—
自然日長 16時間照明	7	1. VIII	5 組	—	—
	〃	2.	1	—	—
	〃	8.	2	—	—
	〃	9.	5	—	—
	8	30. VII	1	—	—
	〃	〃	2	—	—
	〃	〃	3	16. VIII	34
	〃	7. VIII	3 組	—	—
	9	30. VII	1	13. VIII	89
	〃	2. VIII	2 組	—	—

日長14時間以上の期間は札幌では4月6半旬から8月3半旬であるが*，自然日長の実験では8月1半旬までに羽化した個体は産卵した**。なお，摂食は明暗によつて顕著な差異は認められなかつた

b．幼虫に対する日長の影響

実験方法　室内で孵化した幼虫を供試した。処理区分は第3図に示したとおりである。処理区分によつて飼育した幼虫より羽化した成虫を自然日長の室温下で飼育した。飼育は前述の実験とほぼ同様である。

実験結果　第3表によれば自然日長(1)，8時間照明(2)では産卵する個体があり，16時間照明(3)では不産卵に終つた。また,(1)から(2)，(3)に移した場合は産卵する個体があつた。これは成虫の場合と相反するように



第3図　幼虫飼育の日長条件

*　日長時間に朝夕の薄明時を加算するときは，この期間は前後に延長される。

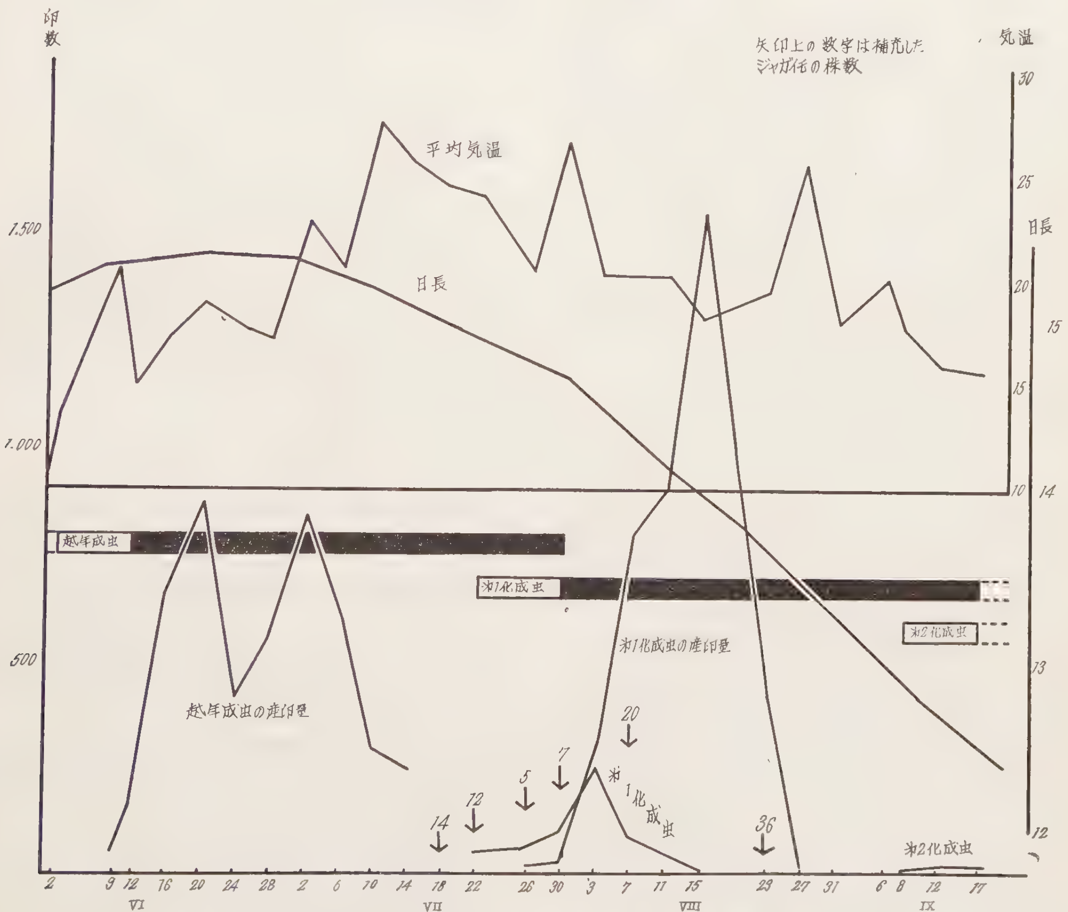
**　満州にあつては8月2半旬までに羽化した個体は年内に産卵し，発育し，第2化成虫が羽化する。(森・1943)

見える。しかし，産卵個体の羽化期日を見れば各処理区を問わず，8月4日以前に羽化した個体にのみ産卵が見られている。したがつて，成虫になつてからの日長が関係し，幼虫時に対する日長の影響は大きいものとは考えられない。

3) ジヤガイモの生育との関係

実験方法　5月25日に平均草高 10cm のジヤガイモ鉢24鉢を野外に定置した。これに越年成虫は飛来し，産卵し，孵化幼虫はこの上で生育した。7月18日に至つてこのジヤガイモは著しく損傷したので老齢幼虫および羽化成虫が他に移動するのを防ぐため，新たに播種期を調節して用意しておいた開花前のジヤガイモ鉢を補充した。このような処理をして，若いジヤガイモの葉のみを摂食した新成虫が産卵するかどうかを調査した。調査は5月25日より初産卵を観察するまでは毎日とし，以後はおよそ3日間隔に調査した。

実験結果　第4図によれば越年成虫は6月2日に飛来し，7月30日以後には越年成虫と思われる個体は姿を消した。この間産卵は6月9日より7月14日までに4,617卵の産下を見た。これより幼虫は6月24日，蛹は7月18日，第1化成虫(蛹殻にて確認)は7月22日にそれぞれ観察することが出来た。次の産卵は7月26日から再び見られたが，越年成虫の終熄が7月30日であるから，7月26日及び30日の産卵を一応除いても8月27日までに新らたに3,933卵を数えることが出来た。これは明らかに第1化成虫の産卵と見做すことが出来る。爾後，幼虫は8月7日，蛹は8月27日，第2化成虫は9月8日に，それぞれ認められた。なお一般には圃場では開花前頃のジヤガイモは茎葉，特に葉の生育が旺盛で，このような株の葉を用いて飼育すると，虫の発育は非常に良好である。一方，黄変期に近いような葉を用いると虫の発育は前者に劣る。このようなジヤガイモの葉の生理状態が産卵にも影響を与えていると見ることができる。



第4図　食草の調節が産卵に及ぼす影響

C　考　　　　察

オオニジユウヤホシテントウの年発生回数については従来の報告されているところが異なつている。これが原因について論及したものは余り多くない。村上（1932）は本種の化性は照明時間の長短によつて影響されるとし，少なくとも14時間以上の照明が化性を増すのに必要であるとして居る。また温室内（20～28°C）の飼育でも昼間時間が13時間以下であつたため1化に終つたと報じている，これは大体筆者の実験と同結果といえよう（黒沢 1957，1958)。田辺ら（1934）は長野県において最も普通な春播栽培のみを行う地方では大部分は1化に終るが，春，秋の2期に栽培する地方にありては大部分が2化すると報じている。これは適温範囲が長いところで，その上ジヤガイモの葉の状態が産卵に影響を与えた実例であろう。

中山（1939）は朝鮮水原地方では5月及び9月～10月における日照時間が長く，5月と6月の気温が高いこと。加えてジヤガイモの収穫後もイヌホオズキ，クコのごとき繁殖可能植物があることなどの条件が本州，北海道に比較して発生回数を多くする原因であると報じている。ここで日照時間は直接的な要素ではなく，恐らく輻射熱による畦間の温度が上昇し，平均気温（百葉箱内）より高温（適温範囲内）になるのではなかろうか。

朝鮮（中山，1930）では越年成虫の産卵が一般に早く発育は高温によつて促進され第1化成虫は6月下旬，第2化成虫は7月下旬に出現し，これらはジヤガイモ畑で発育する。（この第2化成虫の発生時期は他の地方の第1化成虫の発生ないし産卵期にあつている。）

そして適温範囲の気温の持続期間が長期にわたり，加えて食草条件が好適であるために3化するのであろう。

また，遠藤・川島（1955）も述べているようにジヤガイモが疫病にかかつて茎葉が枯凋した場合，幼虫は摂食不可能となり死滅するか，生存虫は栄養的な影響により次代の成虫の活動産卵に対して制約を受ける。このために疫病激発地帯および弱い品種では著しく影響を受け個体数を減ずるが，発生を継続しているものと考えられる。

札幌地方における本種の発生回数の制限要因を考えると次のようである。第1化成虫の棲息環境のうち温度（越年成虫の活動開始温度の時期，積算温度*），日長のみをとりあげると平年にあつても可成りの第1化成虫の産卵や第2化成虫の出現の可能性があることになる。しかるに2化する年はきわめて稀である（西島・黒沢 1952)。これはジヤガイモの地上部における生育状態に関連することで，葉の生理的条件並びに馬鈴薯疫病の罹病による枯凋の促進などが悪影響を及ぼしているものと思われる。ゆえに当地方のごとき条件下では平年にあつては通常1化で，2化することはきわめてまれであるか，極く少数の個体であると結論される。

*　新保・金元（1952）の報告がある。又筆者も実験を行つている。

**　東北地方では通常1回であるが，青森，秋田，山形県では2化した記録が見られる。

***　直接本文に引用したものを挙げた。

摘　　　　要

オオニジユウヤホシテントウは成虫態で休眠するので発生回数は成虫が産卵するか否かできまる場合が多い。したがつて成虫の産卵に影響する条件について実験し，これにもとずいて札幌地方の発生回数を論議した。その結果は次のとおりである。

1.　成虫の産卵可能な温度範囲は 18.6～31.8°C であるが，最適範囲は 24～28°C と考えられる。

2.　成虫は次のような条件のときに産卵が見られる。

(1)　長日条件（14時間以上）におかれたとき。

(2)　茎葉の生育旺盛な時期のジヤガイモの葉を摂食したとき

3.　成虫は次のような場合には産卵をしないままに休眠に入る。

(1)　短日条件（14時間以下）におかれたとき

(2)　生育末期に近いジヤガイモの葉を摂食したとき

4.　幼虫時代の日長時間は産卵に関係しない。

5.　札幌地方では，普通は年1回発生である。第1化成虫は7月下旬頃出現する。この時期の温度および日長時間は産卵可能な範囲内にあるが，食草の生理状態が悪いため第1化成虫は産卵することなく休眠に入り年1回発生に終ると考えられる。

引　用　文　献***

1)　遠藤正・川島嘉内（1955）オオニジユウヤホシテントウの発生予察について（1）産卵数と前年の馬鈴薯疫病発生との関係　応用動物学雑誌，20（1/2）125～127

2)　小山長雄（1951）オオニジユウヤホシテントウの食性に関する研究（第6報）温度と成虫の摂食性　特に一般活動と摂食性との関係　信州大学繊維学部研究報告　*No.* 1，29～36

3)　黒沢　強（1957）オオニジユウヤホシテントウの発育に及ぼす日長の影響（予報）　北日本病害虫研究会年報，8，82～85

4)　黒沢　強（1958）オオニジユウヤホシテントウの発生に及ぼす二・三の要因について　北農研究抄報，4，51～52

5)　村上泰次郎（1932）大二十八星瓢虫の化性に及ぼす環

境の影響に就いて（予報）応用動物学雑誌，4（16），269〜274

6) 中山昌之助（1930）大二十八星瓢虫の生態形態並に防除に関する研究　朝鮮總督府農事試験場彙報 11（2/3）91〜112

7) 中山昌之助（1939）大二十八星瓢虫化生増成因の研究　病虫害雑誌，26(4)，240〜243

8) 西島　浩・黑沢　強（1952）オオニジユウヤホシテントウ幼虫の発育量及び期間に及ぼす食餌植物の響影　北日本病害虫研究会年報，3，111〜112

9) 田辺忠一・関谷一郎・熊谷又吉（1934）大二十八星瓢虫の生態並に驅除予防法　長野県農事試験場報告，5，1〜71

Résumé

This insect enters diapause during adult stage, and so it is an important factor affecting the number of generations whether the female oviposits or not. Experiments were carried out on factors affecting oviposition and then the main factors in Sapporo district were discussed.

The results obtained are summarized in the following lines.

1. The temperature range of oviposition is from 18.6 to 31.8°C, and the optimum range is within 24—28°C.

2. The female oviposits under following conditions:

(1) Rearing under long-doy photoperiod (over 14 hours.).

(2) Rearing on leaves of young stage potato.

3. The female enters diapause before oviposition under the following conditions:

(1) Rearing under short-day photoperiod (less than 14 hours).

(2) Rearing on leaves of old stage potato.

4. Oviposition was not affected by the photoperiod during larval stage.

5. This insect has usually one brood per year in Sapporo district; the first brood adult emerges in the last decade of July.

In this period the temperature and the day-length is inthe possible range but the leaf condition is not good for oviposition, accordingly it seems thatthe the main factor affecting the diapause of the first brood adult is leaf condition.

笹地更新による牧草地の放牧利用試験

第 2 報　良好更新区と不良更新区における植生状況及び乳牛による放牧効果

三股正年*・ 高野信雄*・ 宮下昭光*・ 渡会 、弘*

GRAZING STUDIES ON SASA-LAND PASTURE IMPROVED BY RENOVATION

2. COMPARISON OF FORAGE PRODUCTION AND TOTAL T. D. N. PRODUCTION BY DAIRY COWS ON GOOD OR POOR PASTURES

By Masatoshi MITSUMATA, Nobuo TAKANO,
Akimitsu MIYASHITA and Hiroshi WATARAI

I 緒　　　言

前報（彙報第73号，1957年に掲載）では笹地の牧草導入にあたつて，笹処理を行い，トラクターによる耕起・砕上後，適切な播種，施肥によつてかなり良好な牧草地造成の可能性が示された。さらに良好な追肥地区は不良区に比較して優れた植生維持と共に若牛の放牧効果が高いことを報告した.

引続き同放牧地の追肥管理による経年的植生推移の問題と乳牛による放牧効果の研究を行つたので報告する。本試験逐行にあたり種々貴重な助言を賜つた帯広畜産大学大原博士，北海道大学広瀬博士に謝意を表すると共に，御協力を惜まれなかつた畜産部香月，杉原両技官に感謝の意を表する」

II 試 験 方 法

1) 供 試 圃 場

笹地更新草地の試験区および供試放牧地は前報に同じ。

2) 供　試　牛

当畜産部繋養中の50頭のホルスタイン牛より搾乳牛6頭を選択し，条件類似の2頭ずつを組として3組とし，追肥区と無追肥区における放牧試験に供用した（第1表）。

3) 両放牧地の管理および利用法

試験地は1953年牧草導入を行い，当年は8月掃除刈を行つた。'54年は前報のごとく若牛の試験を行い，'55年は乳牛の放牧を行つた。次で'56年は刈取りと繋牧を行つた。経年的追肥管理は第2表に示した。今回の'57年は良好区は10アール当り，尿素化成肥料56kgの追肥を行つたが不良区は無追肥とした。5カ年間の平均化学肥料の追肥は良好区10アール当り56kg,不良区は13kgである。

第 1 表　供　　試　　牛

組別	区分	供試牛名	産次	生年月	最終分娩月	体重 (kg)	試験前4% FCM (kg)
1	A	ヘンドリツクロメオプリリーフラワー	5	25.1	31.1	640	10.6
	B	第2ヘンドリツクロメオドラクイーン	3	27.2	31.8	543	11.7
2	A	アイコールヘンドリツクメリーアスター	1	29.9	32.1	491	10.6
	B	アイコールヘンドリツクネリー	2	27.9	31.4	516	10.1
3	A	文　月	3	27.7	32.2	574	11.8
	B	陽　月	1	27.10	31.10	520	8.4

注）A: 追肥放牧区，B:無追肥放牧区。

* 畜産部　牧野研究室

第 2 表　試験区の施肥管理と利用法*

年次	良好区		不良区		利用法
1953	厩　肥	1000	—		造成当年 掃除刈1回
	炭酸石灰	190	—		
	化学肥料	22.5	化学肥料	11.2	
1954	化学肥料	78.7	化学肥料	33.6	若牛放牧
1955	炭酸石灰	37.5	化学肥料	18.8	乳牛放牧
	化学肥料	67.5			
1956	化学肥料	56.3	—		刈取1回及び繋牧
1957	尿素化成	56.3	—		乳牛放牧

注）化学肥料：硫安，過燐酸石灰，硫酸加里の配合で
$N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 1.3 : 1.3$
尿素化成：日東化学，草地用尿素化成肥料2号，
$N : P_2O_5 : K_2O = 6 : 11 : 11$。
＊単位　10アール当り kg。

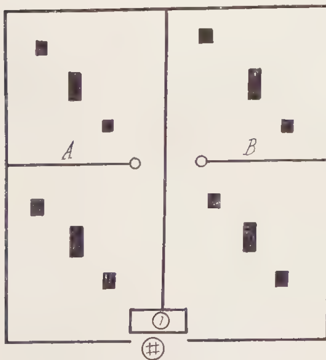
4）放牧管理法

第1図のごとき放牧試験設備をととのえた。放牧試験舎はA，Bに区分し，水,塩および2番刈乾草を給与した。両放牧地を2区分して輪換放牧を行つた。放牧は午前8時より午後3時30分までの7時間30分とし，放牧後は排糞による草地の汚染を避けて毎日除去した。草生に応じ輪換放牧を行つたが休牧の期間を決めた。放牧開始と休牧前後および終牧時には，2日間連続一定時刻に体重を測定したまた放牧中に残食草を生じたA区は掃除刈を行い秤量分析し Rose (1952), Brundage & Petersen (1952), らの方法に準拠した。

5）草地の総T.D.N.生産量

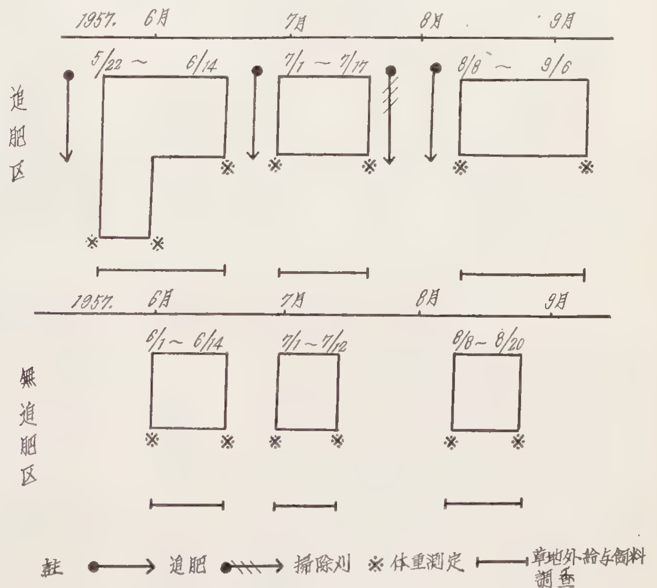
両区の総T．D．N．の測定にあたつては Rose(1952)の示す方法によつた。すなわち放牧期間中両区各々の乳牛による延増体，延体重維持および延産乳に要するT.D.Nに残食草の T.D.N. を加算し，これから草地外延給与飼料T.D.N.を差し引いて算出した。

$$\begin{pmatrix}\text{ヘクタール当草}\\\text{地のTDN生産}\\\text{(kg)}\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\text{ヘクタール当放}\\\text{牧頭数×1日維}\\\text{持に要するTD}\\\text{N (kg)}\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}\text{ヘクタール当}\\\text{放牧期間中増}\\\text{体 (kg)}\\\times 3.53\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}\text{ヘクタール当}\\\text{放牧中}\\\text{4％FCM生}\\\text{産(kg)}\times 0.347\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}\text{ヘクタール当残}\\\text{食草中TDN}\\\text{(kg)}\end{pmatrix}-\begin{pmatrix}\text{放牧地外給与}\\\text{飼料の全TD}\\\text{N (kg)}\end{pmatrix}$$



①：放放試験舎
㊌：ポンプ
■：年2回刈 1m³ Protect Cage
▮：月刈取 2m³ Protect Cage
A：追肥区
B：無追肥区
周辺は牧柵囲3段張

第1図　放牧試験地の状況



第 2 図　放　牧　計　画

6）乳　　量

毎日2回搾乳を行い記入し，10日ごとに脂肪率を Composite Sample により検定し，4％ F.C.M. を算出した。

7）給与飼料

配合飼料は4％ F.C.M. 4kg生産ごとに粗蛋白質13％の配合を1kg給与した。但し10日ごとに各試験牛の乳量に応じ補正した。乾草は放牧試験舎および牛舎で採食し

た量を正確に測定したが T.D.N. は Morrison (1945), Hardison (1953) の消化率を引用した。

8) 採食栄養量

第1報に同じ。

9) 植 生 調 査

Protect cage による経年的，季節的推移の 調査を両区について行つた。経年的植生は 1 m² の Protect cage を用い 5 カ年間，年 2 回刈とし，季節的植生は 2 m² の Protect cage を用いて5月より10月まで 同一個所で毎月刈取りその耐久生産性を調査した。分析にあたつては総て Composite Sample とした。

10) 飼 料 分 析

一般公定法による。

Ⅲ 試 験 成 績

1) 放牧地の植生

(1) **1953～'57年の植生変化**　年2回刈による Protect cage 内の経年的草量は第3表に示した。

5カ年間の総生産量は 10 アール当り良好区21.9ton に対し不良区は8.4tonで年平均 4.4ton と 1.7tonで良好な追肥処理により生草量が 2.6 倍に増加した。これらの4カ年の植生割合および栄養組成の変化は第4表に示した。

第 3 表　両放牧地の年次的生産草*
(10アール当り kg)

年次	良好区 生草	良好区 固形量	不良区 生草	不良区 固形量
1953①	2500	475	1200	252
1954	5700	982	1900	376
1955	4550	892	2030	502
1956	3710	768	1500	354
1957	5460	1037	1780	409
合計	21920	4154	8430	1893
平均	4384 (260)	831 (220)	1686 (100)	378 (100)

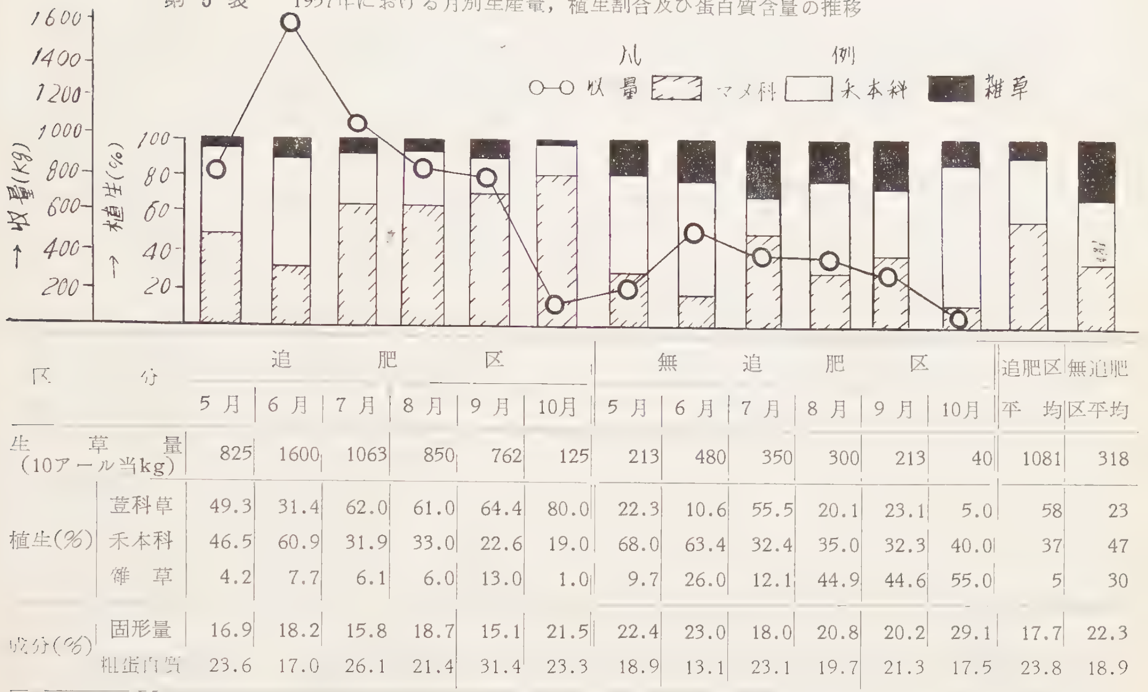
注) * 1回刈は7月1～5日，2回刈は8月中旬，
① 1回刈のみ。

第 4 表　両放牧地の年次的植生割合及び栄養組成

刈取	区分	年次	植生割合(%) 荳科草①	禾本科草②	雑草③	ササ	固形量(%)	一般組成(無水物中%) 粗蛋白質	粗脂肪	NFE	粗繊維	粗灰分
1番刈	良好区	'54	86.2	9.8	4.0	—	17.8	15.8	4.2	48.6	23.8	7.6
		'55	69.7	26.8	3.5	—	19.6	14.2	4.3	45.8	28.1	7.6
		'56	26.1	73.9	—	—	24.0	13.9	3.7	46.7	29.2	6.5
		'57	42.2	57.4	0.4	—	19.9	16.6	4.7	45.8	25.5	7.4
		平均	56.1	41.9	2.0	—	20.4	15.1	4.2	46.8	26.6	7.3
	不良区	'54	65.9	12.5	20.8	0.8	20.7	14.8	4.7	49.8	23.5	7.2
		'55	61.4	14.0	22.7	1.9	24.8	10.9	3.6	50.9	28.7	5.9
		'56	37.2	61.6	1.2	—	25.4	15.1	4.0	49.6	25.1	6.2
		'57	31.8	49.5	18.7	—	26.6	12.1	3.4	55.9	22.0	6.6
		平均	49.1	34.4	15.9	0.6	24.4	13.2	3.9	51.6	24.8	6.5
2番刈	良好区	'54	94.0	4.0	2.0	—	16.4	21.3	3.9	44.5	20.3	10.0
		'55	50.1	47.7	2.2	—	22.4	17.6	4.7	46.7	22.0	9.0
		'56	62.8	35.9	1.3	—	14.5	26.3	5.9	35.4	22.2	10.2
		'57	40.2	50.3	9.5	—	18.1	18.3	5.6	35.6	29.6	10.9
		平均	61.2	34.5	4.3	—	17.9	20.9	5.0	40.6	23.5	10.0
	不良区	'54	97.0	2.0	1.0	—	18.4	18.2	3.9	45.4	23.6	8.9
		'55	52.2	36.5	11.3	—	25.1	18.5	5.4	48.1	17.6	10.4
		'56	51.0	40.4	8.6	—	18.6	22.0	5.6	40.4	22.1	9.9
		'57	38.5	23.7	37.8	—	18.9	17.9	5.6	41.7	25.2	9.6
		平均	59.7	25.6	14.7	—	20.2	19.1	5.1	44.0	22.1	9.7

注) ① 荳科草は1番刈レツドクロバー，2番刈ラジノクロバーが主体，
② 禾本科草は主にオーチヤードグラス，チモシー，
③ 雑草は良好区：ダイオウ，ヘラオーバコ，不良区：ヘラオーバコ，ノチドメ，ノブキ，アザミ，ノコギリ草など

第 5 表　1957年における月別生産量，植生割合及び蛋白質含量の推移



区分		追肥区 5月	6月	7月	8月	9月	10月	無追肥区 5月	6月	7月	8月	9月	10月	追肥区平均	無追肥区平均
生草量（10アール当kg）		825	1600	1063	850	762	125	213	480	350	300	213	40	1081	318
植生(%)	荳科草	49.3	31.4	62.0	61.0	64.4	80.0	22.3	10.6	55.5	20.1	23.1	5.0	58	23
	禾本科	46.5	60.9	31.9	33.0	22.6	19.0	68.0	63.4	32.4	35.0	32.3	40.0	37	47
	雑草	4.2	7.7	6.1	6.0	13.0	1.0	9.7	26.0	12.1	44.9	44.6	55.0	5	30
成分(%)	固形量	16.9	18.2	15.8	18.7	15.1	21.5	22.4	23.0	18.0	20.8	20.2	29.1	17.7	22.3
	粗蛋白質	23.6	17.0	26.1	21.4	31.4	23.3	18.9	13.1	23.1	19.7	21.3	17.5	23.8	18.9

植生割合では良好区の1，2番刈とも荳科草60%，禾本科草35%を含み，雑草2～4%の良好な状態が維持されたのに対し，不良区では荳科草55%，禾本科草30%，雑草15%の植生であつた。栄養組成も良好区は不良区に比較して，多汁な養分に富む良好な草質が得られた。

(2) 1957年における月別植生変化　牧草の生育期間の5月から10月の6カ月間における月別の生産量，植生を同一地点より刈取調査を行つて調査した。その結果は第5表に示した。生産量では追肥区では5月の下旬にすでに825kgに達しているのに対して，無追肥区では213 kg であつて合理的な追肥によつて放牧開始時期を約2週間早めることの可能性が示されている。追肥区では月平均 1100kg の生産に対して無追肥区では 320 kg であり，この表から前者では放牧期間は5月中旬から9月下旬まで約 140 日に対し後者では 100 日前後のみであることが推察される。植生割合についても追肥区は月平均荳科草58%，禾本科37%に雑草は5%で常に放牧に好適な状態が保持されたが，無追肥区では荳科23%，禾本科47%で雑草が30%にも達した。栄養成分では固形量17.7%と22.3%粗蛋白質23.8%と18.9%で多汁で栄養価の高い草質であることが示された。すなわち合理的な追肥によつて放牧地の生産量を増し耐久収量も優れ，良好な植生維持とともに草質の優れたものが得られることを示した。放牧地の植生改善については Hutcheson, Wolf & Kipps (1948), Watson(1951) や Dodd (1952) も追肥によつて放牧期間を延長させ得ることを示している。 Nevens (1951) はケンタツキーブリユーグラス放牧地の追肥によつて多汁なしかも蛋白質含量の高い植生維持に効果のあることを報告している。一方 Sandal & Garey (1955) は永年放牧地へ燐酸の施肥は肉牛の生産増加と共に土壌中の有効態燐酸含量や有機質量を増加させることを明らかにした。

2) 試験牛による両草地のT.D.N.の生産

放牧試験に用いた飼料および放牧中の採食部の栄養組成は第6表に示した。

第 6 表　供試飼料の栄養価

区分		一般組成（原物中%） 水分	粗蛋白質	粗脂肪	NFE	粗繊維	粗灰分	DCP (%)	TDN (%)
配合飼料 ①*		14.0	13.2	3.2	49.3	14.8	5.5	11.0	63.5
2番乾草 ①		17.5	11.6	4.0	32.1	25.8	9.0	6.4	45.5
残食草 ①		43.3	7.7	1.9	23.4	20.0	3.7	4.6	31.8
△② 採食草	追肥区	82.3	4.2	1.0	6.9	3.9	1.7	2.9	11.4
	無追肥区	77.7	4.2	1.1	10.6	4.4	2.0	2.9	14.0

注）① Morrison (1945)，② Hardison (1953) の消化率引用，

* 配合割合：麦糠40，麩30，燕麦10，コプラミール10 亜麻仁粕10の割合，

△ 月別 Protect cage による刈取草。

第 7 表 両放牧地の試験牛による50アール（5反）当りのT.D.N.生産

区分	供試牛名	放牧延頭数	試験開始時体重 (kg)	維持に要したT.D.N(kg) 1日維持T.D.N	(A) 延T.D.N	増体に要したT.D.N(kg) 増体	(B) 必要T.D.N	産乳(4%F.C.M)に要したT.D.N(kg) 産乳量	(C) 必要T.D.N	(D) 小計 T.D.N (kg)	草地外給与飼料T.D.N(kg) 配合	2番乾草	(E) 計	(F) 草地より摂取T.D.N (kg)
追肥区	フリリーフラワー	71	620	5.10	362.1	3.0	10.6	999.5	346.8	719.5	145.3	64.0	209.3	510.2
	アスター	71	493	3.97	281.9	27.0	95.0	764.5	265.3	642.2	126.6	64.0	190.6	451.6
	文月	71	560	4.56	323.8	66.0	232.3	880.1	305.4	861.5	138.2	64.0	202.2	659.3
	無追肥区3頭	24	506	4.06	97.4	10.0	35.2	256.6	89.0	221.6	37.1	29.3	66.4	155.2
	平均又は計	237	544	—	1065.2	—	373.1	(2900.7) 12.2	1006.5	2444.8	* 3.0	△ 2.1	668.5	1776.3
無追肥区	ドラクイーン	38	519	4.20	159.6	51.0	179.5	502.1	174.2	513.3	76.7	68.7	145.4	367.9
	ネリー	38	491	3.95	150.1	27.0	95.0	451.7	156.7	401.8	68.8	68.7	137.5	264.3
	陽月	38	891	3.95	150.1	38.0	133.8	366.3	127.1	411.0	58.4	68.7	127.1	283.9
	平均又は計	114	500	—	459.8	—	408.3	(1320.1) 11.6	458.0	1326.1	* 2.8	△ 4.0	410.0	916.1

注） 草地より摂取T.D.N＝（A＋B＋C＝D）－E＝F，
 * 1日1頭当り給与配合飼料 kg，△ 1日1頭当り摂取乾草 kg。

配合飼料は Pratt & Davis (1956) によると良好な牧草地の場合には蛋白質10％で充分であつたという報告に基いて，冬期舎飼時よりも蛋白質飼料の配合を減少し13％として使用した。給与2番乾草はオーチヤードグラスに若干の赤クロバーを含む中級品で蛋白質11.6％，繊維25.8％であつた。採食部草は両区の Protect cage による月刈取りによる草を利用した。これらの飼料はそれぞれ該当消化率からD.C.P.およびT.D.N.を算出した。第7表に両放牧地の試験牛による50アール当りの摂取 T.D.N. を示した。すなわち追肥は1776.3kgに対し無追肥区では916.1 kg であつた。また4％FCM生産でも1日1頭当り追肥は 12.2 kg に対し無追肥区は 11.6 kg と少なかつた。第8表には1ヘクタール当り両放牧地の T.D.N. 生産，牧養力および採食栄養量について示した。草地の総T.D.N生産では追肥区は3788kg，無追肥区1832.2 kg で2.1倍高いことが示された。延乳量では7200kgと3000kgで追肥区が2.36倍であり延放頭数でも町当り474頭と228頭であつた。採食栄養量については生草は追肥区1日1頭当り 67.5kg，無追肥区は 57.2kg であつた。T.D.N.では7.5kg と8.0 kg でありD.C.P.では 1957ｇと 1659ｇで，追肥によつて改良された草地に放牧された乳牛は採食栄養量も高かつた。

第 8 表 1ヘクタール当り両放牧地のT.D.N生産，牧養力及び採食栄養量

区分		追肥区	無追肥区
維持,生産及び残食のT.D.N (kg)	延維持（A）	2130.4	919.6
	延増体（B）	746.2	816.6
	延産乳（C）	2013.0	916.0
	残食（D）	235.0	—
	小計（E）	5125.0	2652.2
草地外給与飼料 T.D.N(kg)（F）		1337.0	1832.2
草地總生産 T.D.N(kg)（G）		3788.0 (207)	1832.2 (100)
牧養力	延放牧頭数	474 (208)	228 (100)
	延産乳量(kg)*	7161.2 (236)	3029.4 (100)
	延標準牝牛頭数（H）	522	252
	1日1頭当り4％FCM生産 (kg)	12.2	11.6
採草栄養量（1日1頭当り）	生草量(kg)	67.5	57.2
	T.D.N (kg)	7.5	8.0
	D.C.P (g)	1957	1659

注）G＝E－F， H Standard cows days，1日1頭当り161dのT.D.N.として，
E＝A＋B＋C＋D
* 4％FCMに計算せず。

Ⅳ 考察

1） 笹地における牧草導入について

ミヤコザサ，クマイザサ地における牧草導入に関する詳細な研究はまだ報告されていない。第1報において笹を刈払い，トラクタープラウで耕起，砕土を行つてこれに適

切な播種および施肥を行うことにより良好な牧草地化が可能であることを示した。これら放牧地について5カ年間の管理を行つたが，合理的な追肥を行つた区は無追肥区よりも草量多く良好な草地維持がなされることが示された。なお筆者らの試験（1958）によると笹地における牧草導入法について機械力，殺草剤の使用や追肥による導入効果を試験した結果，笹の再生を抑圧しながら適切な機械力利用による種子床造成と播種，施肥管理によつて牧草地化が困難でないことが認められた。

2) 造成放牧地の草生推移について

Protect cage による年2回の調査では良好な追肥管理によつた区は年平均10アール当り生草収量は4,384 kgであつたが不良区では1,686 kgであり，植生割合においても追肥区は良好な荳科，禾本科の混合状態を示し，優れた栄養価を有していた。しかし不良区では雑草の侵入多く荳科の割合が少なかつた。すなわち適合した追肥は放牧地の草産量を増加すると共に植生を改善し，草質を良くすることが推察された。また Protect cage による5月〜10月の月別の生産量，植生状態についてみると追肥区では5月下旬で早くも10アール当り1000 kg以上の生草量を示したのに対し無追肥区では僅か200 kgであつた。その後の草産量についても追肥区は良好に維持され，月平均1081 kgに対し無追肥区は318kgであつた。またその植生状態でも追肥は平均荳科草が60%近く占めたが，無追肥区では荳科草20%に野草が30%も占めた。これに伴つて栄養組成は追肥が優れていた。すなわち追肥によつて放牧開始時期を早めるとともに良好な植生と生産が期待しうることが示されている。GARDNER(1939)は放牧地へ窒素質肥料の追肥によつてエーカー当り85頭の放牧頭数を増加し得た。それとともに追肥区は4月上旬に放牧が開始可能であつたが，無追肥では5月中旬であつたと報告している。また ROSE（1952）も自然放牧地の追肥によつて草量と草質が改善されたことを報告している。

3) 追肥と放牧効果について

草地の総 T.D.N. 生産についてはヘクタール当り追肥区は3778 kgに対し無追肥区1832 kgで約2.1倍であつた。延放牧頭でも474頭と228頭であり総乳量ではヘクタール当り追肥区は約4000 kg（約20石）多かつた。これらの点からヘクタール当り600 kgの尿素化成肥料を追肥として施用しても撒布代も含めて1万5千円で約5万5千円の粗収入が示された。1日1頭当りの採食量も多かつた。GARDNER（1939）は追肥によつてエーカー当り225ガロンの乳量が増加したことを示している。SEATH（1942）も無肥料区に対し追肥によつて64%増加したことを報告した。同じような結果が ROSE（1950）によつても示されている。放牧地の草量と採食栄養量については WOODWARD（1936），HODGSON（1951），RICHARDS & REID（1953），大原ら(1954)，三股・高野（1956）らによつて草質，草量が優れている程効果的な採食がなされることを報告している。

V 摘　　要

1) 笹地における牧草導入にあたつて，笹を刈払い，トラクターによる耕起，砕土後適切な施肥，播種と，その後の合理的な追肥によつて5カ年間良好な草生が維持された。

2) 放牧地の草生維持には適当な石灰および化学肥料の施用によつて草量を増加させ草種割合を改善するのに効果的であつた。

3) 草地の総T.D.N.生産についてはヘクタール当り追肥区3788.0 kgに対し無追肥区は1832.2 kgであつた。

4) 牧養力についてはヘクタール当り放牧頭数で追肥区474頭，無追肥区228頭であり，4%FCMで5800 kgと2640 kgであつた。

5) 採食栄養量では草質，草量の優れた追肥区の乳牛は1日1頭当りD.C.P.1957g，T.D.N.7.5kg採食したのに対し無追肥区では1659gと8.0kgであつた。

VI 参 考 文 献

1) BRUNDAGE A. L. and W. E. PETERSEN (1952) A comparison between daily rotational grazing and continuous grazing. J. Dairy Sci., 35. 7.

2) DODD D. R. (1952) Rotation pastures. Forage Iowa State College Press. 606〜616.

3) GARDNER H. W. (1939) The response of permanent grassland to nitrogen and the efficiency of its recovery. J. Agric. Sci., 29.3. 64〜78

4. HARDISON W. A., J. T. REID. C. M. MARTIN and P. G. WOOLFOLK (1954). Degree of herbage selection by grazing cattle. J. Dairy Sci., 37. 1: 89〜102.

5) HUTCHESON T. B., T. K. WOLFE and M. S. KIPPS (1948) The production of field crops. McGrow-Hill Comp.

6) 三股正年・高野信雄・宮下昭光・渡会弘(1957) 笹地更新による牧草地の放牧利用試験 第1報 良好更新区と不良更新区における草生状態,若牛の日中活動,増体重及び草地の総T.D.N.の生産について 北農試彙報 73. 27〜37.

7) 三股正年・高野信雄・香月利信・杉原敏弘・宮下昭光・渡会弘（1957） 牧草地における牧牛の繋牧利

用試験 特に各草地条件下における乳牛繋牧時の採食栄養量 畜産の研究 第11巻，4号
8) MOORISON F. B. (1957) Feeds and Feeding. MOORISON Pub. Comp.
9) 大原久友・三股正年・高野信雄 (1954) 良好放牧地と不良放牧地における乳牛の採食栄養量 北農試彙報 67.
10) PRATT A. D. and R. R. DAVIS (1956) High-vs-low protein grain mixtures as supplements to legume-grass pastures.
11) ROSE C. J. (1951) The economics of fertilizing natural veld as shown dairy animals. Empire J. Exp. Agr., 20, 77.
12) SANDAL P. C. and C. L. GAREY (1955) Effect of topdressing permanent pastures with Super phosphate on beef yields and distribution of available P_2O_5 in the Soil. Agrono. J. 47. 5. 229～232.
13) WATSON S. J. (1951) Grassland and grassl and products. EDWARD ARNOLD. & Co. London.
14) WOODWARD T. E. (1936) The quantities of grass that dairy cows will graze. J. Dairy Sci., 14. 6.

Résumé

A study of the effect of renovation (plowing, fertilization and seeding) upon the forage yield, also upon the botanical and chemical composition of low productive sasa-land was made at the Department of Animal Husbandry of this Experiment Station during 1953 to 1957. Also, comparative studies were carried out betw^en good and poor renovated pastures on the amount of herbage consumed, grazing capacity and total T.D.N productivity by six Holstein dairy cows. The experimental pastures on volcanic sandy soil were renovat edMay 1953, at TSUKISAPPU. Soil pH varied from 5.4 to 5.8. The pasture mixtures were drilled in 5inches. Red clover, Timothy, Ladino clover and Kentucky blue grass were seeded at the rate of 8, 8, 4 and 2 each pounds per Ha. on the good or poor fertilized pasture plots. A fence divided the fields in to two eqaul 1/2 Ha. Fertilization management of the pastures from 1953 to 1957 is shown in table 1.

Table 1 Pasture management

Years	Fertilization *				Utilization
	Good pasture		Poor pasture		
1953	Manure Lime C. F.	10000 190 22.5	Non Non C. F.	 11.2	Cutting
1954	C. F.	78.7	C. F.	18.8	Heifers grazing triall
1955	Lime C. F.	37.5 67.5	Non C. F.	 18.8	Cows grazing
1956	C. F.	56.3	Non		Cutting and the ther grazing
1957	U. C. F	56.3	Non		Cows grazing trial

* Per 10 a., C. F. = Chemical fertilizer, $N:P_2O_5:K_2O$ = 10: 13: 13.
U. C. P. = NITTO urea type compund fertilizer,
$N:P_2O_5:K_2O$ = 6: 11: 11.

Vegetation studies were made by the use of 1m³ and 2 m³ protect cages. Total T.D.N. was calculating according to ROSE. (1952).

TDN kg. = (3.53 × body weight gained per Ha.) + (TDN total body weight maintaned per Ha.) + (TDN 4 % FCM produced per Ha.) + (TDN per Ha. in surplus residual grass from grazing) − (TDN in any supplement feeds). The results obtained may be summarized as follows;

1) It was found from 1953 to 1957 that low productive sasa-land may be improved into high productivepasture paspure by plowing, fertilizing and seeding, and good vegetation maintained by profitable topdressing.

2) Forage production on the two pastures by annual 2 cutting protect cage is shownin table 2.



図 1　放　牧　試　験　地



図 4　プロテクトケージの刈取



図 2　両区の放牧試験状況



図 5　5月10日における追肥区の植生（放牧前）

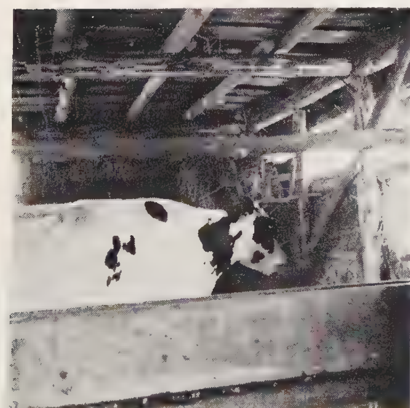


図 3　放　牧　試　験　舎



図 6　5月10日における無追肥区の植生（放牧前）



図 7　7月における追肥区の植生（放牧後）



図 10　無追肥区における1番刈のプロテクトケージ植生



図 8　7月における無追肥区の植生（放牧後）



図 11　追肥区における月刈取プロテクトケージによる8月の植生



図 9　追肥区における1番刈のプロテクトケージ植生



図 12　無追肥区における月刈取プロテクトケージによる8月の植生



図 13　追肥区における採食



図 15　無追肥区における放牧



図 14　無追肥区における採食



図 16　追肥区における試験牛の反芻



図 15　追肥区における放牧

Good fertilized pasture produced 2.6 times the green yield of poor pasture, and dry matter 2.2

Table 2 Forage production *

Years	Good fertilized pasture		Poor fertilized pasture	
	Fresh matter	Dry matter	Fresh matter	Dry matter
1953	2500	475	1200	252
1954	5700	982	1900	376
1955	4550	892	2030	502
1956	3710	768	1500	354
1957	5460	1037	1780	409
Total	21920	4154	8430	1893
Average	4384	831	1686	378
	(260)	(220)	(100)	(100)

* Per 10 a.

times. Average botanical and chemical composition is shown table 3. Good fertilized pasture grew

Also, forage production botanical and chemical composition on the two pastures by seasonal monthly cutting protect cages is shown table 4. more legumes and smaller weeds.

Fertilized good pasture can be grazed commencing on May 15, until grazing ended on Sept. 30. But non fertilized poor pasture grazing was commenced June 1 and ended on Sept. 15.

3) Total yield of T.D.N., grazing capacity per Ha. and consumable nutritive quantity on the fertilized or non fertilized pasture by dairy cows are shown in table 5. There was large increase in yield of T.D.N. from fertilized pasture which

Table 3 Average botanical and chemical composition. (1954 ~ 1957)

Cutting	Pastures	Botanical composition (%)			Chemical composition (D. M. %)					
		Legumes	Grasses	Weeds	D. M.	C. protein	C. Fat	N. F. E.	C. fiber	C. ash
1 st	Good	56.1	41.9	2.0	20.4	15.1	4.2	48.6	26.6	7.3
	Poor	49.1	34.4	16.5	24.4	13.2	3.9	51.6	24.8	6.5
2 nd	Good	61.1	34.5	4.3	17.9	20.9	5.0	40.6	23.5	10.0
	Poor	59.7	25.6	14.7	20.2	19.1	5.1	44.0	22.1	9.7

Table 4 Average monthly yield, botonical and chemical composition by protect cage (May~Oct. 1957)

Pastures	Average monthly* fresh matter yield	Botanical composition (%)			Dry matter	C. protein
		Legumes	Grasses	Weeds		
Fertilized	1081	58	37	5	17.7	23.8
Non fertilized	318	23	47	30	22.3	18.9

* per 10 a. kg.

Table 5 Grazing capacity per Ha.

		Fertilized pasture	Non fertilized pasture
Total TDN (kg)		3788.0	1832.2
4% FCM produced (kg)		5801.4	2640.2
Standard cows day		522	252
Consumable nutritive quantity per head daily	Green herbage *	67.5	57.2
	TDN (kg)	7.5	8.0
	DCP (g)	1957	1659

* kg.

produced 3788.0 kg. T.D.N. per Ha. Non-fertilized Showed only 1832.2 kg. And 4 % FCM produced 2.3 times that non-fertilized poor pasture. The difference in grazing capacity per Ha. between the fertilized and the non-fertilized pasture was highly significant. The quantity of green forage consumed by cows on fertilized pasture was 67.5 kg per head daily on an average, while that consumed by those on poor pasture was 57.2 kg.

交換養蜂に関する研究

Ⅳ. 蜂群の郵送に関する試験

関口喜一*・上田政喜*・石井力男

ON A STUDYS OF BEE KEEPING USING AN EXCHAGE SYSTEM
Ⅳ. EXPERIMENT WITH A METHOD OF TRANSPORTION OF BEE COLONIES BY PARCEL POST

By Kiichi SEKIGUCHI, Masaki UEDA and Rikio ISHII

Ⅰ まえがき

わが国養蜂経営上最大の障害である寒地における越冬の困難と暖地における越夏の困難とに対する解決策の一つとして，寒暖両地間における蜂群の交換飼育の実行が考えられる。

すなわち暖地において4～5月の春の大流蜜（レンゲおよびナタネ）の終了後，そのまま蜂群を定飼すれば，蜜源花の不足と炎熱のため群の衰弱をまねくので，蜂群を北方に移送する。このころ北方は長い冬から解放され，その後秋まで一大流蜜期をくりひろげ，この間蜂群の収蜜と増殖の生産活動はめざましいものがある。そして秋おそく，越冬の容易な南方に蜂群を移送して冬ごしをさせてから建勢し，春の流蜜に働かせたのち蜂群を北送する。

こうして寒暖両地がもつ自然の養蜂上の欠陥を巧みにさけ，しかも蜂群を二重に活用して収蜜量の増大をはかることのできる交換養蜂は，有利で合理的な経営法であることについては既報のとおりである。

従来交換養蜂の実行にあたつて，蜂群の輸送には普通鉄道小荷物便（客車便）が利用されているが，この場合蜜蜂は動物輸送の扱いによつて普通運賃の倍額が徴収されるので，現在の養蜂経済からみて養蜂家にとつて過重な負担となつており，これが交換養蜂の普及をはばむ大きな原因の一つと考えられる。（たとえば札幌から鹿児島まで1kgの蜂群を小荷物輸送するのに，900円の運賃を要する。）

従つて交換養蜂の普及をはかるためには，運賃の軽減がぜひ必要であろう。さらに殺虫農薬の普及による訪花性昆虫の激減のため，とくに果樹地帯で花粉媒介の必要が重要視されつつある現在，わが国においても欧米先進国のように近い将来ポリネーション用蜜蜂の取引が考えられるがこうなれば蜂群の手軽でしかも経済的な輸送法の必要が一層高まるであろう。

蜂群の郵送に小包郵便を安全に利用することができるならば，国内どこにも150円の低料金で 2～3kg の蜂群を送ることができるわけであるから，養蜂家の経済に益するところが大きいものがある。

蜂群の郵送は，昭和11年ごろよりごく一部の養蜂家のあいだに試験的に行われたことがあつたが，実用の域に達しないうちに，その後戦時による輸送事情の悪化などのため，長いあいだ中絶の状態にあつて今日に及んでいる。

この試験にあたり，試験材料の提供，試験群の受入ならびにその管理などに始終熱心なご協力をたまわつた次の方々のご好意に対して深く感謝申上げる。

絵江秀夫（札幌）	金子真三（埼玉）
故松田与一（山口）	山中正夫（高知）
松本真六（熊本）	西別府勇夫（鹿児島）

Ⅱ 試験方法

この試験は1957年から1959年にかけて北海道（月寒）と本州（埼玉，山口），四国（高知）および九州（熊本，鹿児島）との各地とのあいだを春秋の2回延べ27の蜂群を交換して試験した。

1) 郵送器

この試験に使用した容器は，熊谷式，北農式A型，同じくB型の3種である。いづれも製作にあたつて，堅牢でしかもなるべく軽量であるようにつとめた。

A. 熊谷式　これは埼玉県熊谷養蜂場主金子真三氏の考案によるもので，昭和10年ごろ蜂群郵送が試験的に始められた初期のころ製作試用されたものである（第1図参照）。

これは内箱と外枠とから成る。内箱は厚さ 1cm の薄

* 畜産部　家畜第2研究室

板でつくつた間口25cm，奥行 19cm，高さ23cmの箱で，前面と後面の金アミ（10目）をはり，下方4cm をのぞいて上方はアミの面より 1.5cm の間隔を設けて外側に薄板を張る。上面には直径8cm の穴があり，蜂の出し入れに使い，またこの穴に給餌カンをさしこみ，途中の餌料を蜂に補給する。箱の内部は底板の両端より上方に向つて各々3本の木片をX型に交叉させ，給餌カンを支えるとともに蜂が集団する足場とする。

外枠は図のように，8本の木棧を柱として組立てたピラミツト状の枠で，底面はその中央に 20cm 巾の薄板をうちつけ，この上に内箱を受けて固定する

熊谷式の重量は 2,500kg.

E．北農式A型　これは熊谷式のように内箱を使わないで，ほぼ熊谷式の外枠と同じようなピラミツド型の木枠全体を蜂のたまり場所としたものである。すなわち木枠の四方全面に金アミ（10目）をめぐらし，底面に薄板（ベニヤ板）をはり，四方の側面は金アミの外側に上部と下部を5cm だけのぞいてベニヤ板をはる（板と金アミの面に約 2cm の空間を生ずる）。上面には直径 18cm の円い穴をうがち，蜂の出し入れに供し，また給餌カシをここにさしこむことは熊谷式と同様である。

内部には上より 10cm 下のところに，巾5cm の木片を水平にとりつけて，給餌カンをおく台として，さらに底面の両端よりX型の木棧を交叉して蜂の足場とした。

この送器の重量は 2,800kg.

C．北農式B型　これはラ式巣枠が5枚位はいる大きさの巣箱の形のものである(第8図参照)。底面だけはベニヤの板ばりとし，周囲は金アミをはりめぐらし，外側を棧で組み，それにベニヤ板をすかしてうちつけて補強した。貯蜜巣をとりつけ蜂をいれたら，さいごにベニヤ板のフタを釘づけする。

この送器の中央に1枚の貯蜜巣脾をさし動揺しないように固定し，蜂は途中自由にこの蜜をとり，またこれを足場にさせる。

この送器の重量は 2,100kg.

蜂を郵送器に入れるには，熊谷式および北農A型においては，器の上面の穴にあうようにつくられた大型のロート（ボール紙を利用してつくる）をあてがい，この上で蜂枠をつよく上下に振動して蜂をなかに払いおとす。

このとき郵送器を自動秤の上にのせておき，蜂を払い込みながら，蜂の重量を知る(第4図参照)。

北農式B型においては，べつにロートをつかう必要はなく，蜂枠から直接器のなかに払い込む。

2)　餌　　料

この試験において使用した蜂群の餌料は，つぎの3種である。

A．キヤンデー（練糖）　白砂糖をナベにいれ適度に火をかけて水分をとり乾燥させたのち，乳鉢でよくすりつぶしてから，細い目のフルイにかけたものを蜂蜜とよくねつたものである。砂糖と蜂蜜との割合は重量比で砂糖10に対し蜂蜜7である。

キヤンデーの容器は，直径8cm，高さ 12cmの空カンを利用し，カンの周囲（側面）の上方に2～3個の蜂が自由に通過できる大きさの穴（直径 1.5cm 位）をあけ，蜂はこの穴から自由に出入して餌をとることができるようにした

B．流動蜜　普通の蜂蜜をカンにつめたもので濃度はボーメ比重約40度のものを使つた。カンの下面にはごくちいさな穴（約 0.5mm）を1つあけ，これからにじみで出る蜜を蜂に吸わせる（カンの上面はおし込め蓋をする）

C．巣　　蜜　蜂が巣脾に自然に貯えて蜜ブタをかけたもの，すなわち有蓋自然貯蜜巣で全丈のもの（普通のラ式巣枠），および半丈のもの（前者の 1/2 の大きさ）を使用し，蜜ブタは半分位蜂が利用しやすいように切つてやつた。

以上の要領で仕立てた蜂群を，一般に行われている交換飼育のばあいと同様，秋季北地より南地に移送するいわゆる南送と，春季南地より北地に移送するいわゆる北送との二つの例について，北海道月寒より埼玉，山口，熊本および鹿児島との4県のあいだを，また高知県とは北送のばあいのみを，上記3種の郵送器を使用して試験した。その結果は次表のとおりである。

III　試　験　成　績

I　南　送　成　績　(1957・秋)

試験群	発送地～受入地	所要日数（発送・受入月日）	郵送器の種類	小包重量（蜂共）	発送時蜂量	途中の死蜂数	生着率	到着時の状態	餌料	
									種類	消費量
		日　月 日　月 日		g	g	匹	%			g
S－1	月寒 ～ 埼玉	4 (10.29～11. 1)	熊谷式	4,740	1,100	32	99.7	正常	キヤンデー	20
S－2	〃	〃	北農A	5,900	2,200	56	99.8	〃	〃	60
Y－1	月寒 ～ 山口	5 (10.29～11. 2)	熊谷式	5,020	1,140	13	99.9	〃	〃	130
Y－2	〃	〃	北農A	5,700	2,430	3,490	85.7	やや衰弱	〃	290

Ⅱ 北送成績 (1958・春)

試験群	発送地〜受入地	所要日数(発送・受入月日)	郵送器の種類	小包重量(蜂共)	発送時蜂量	途中の死蜂数	生着率	到着時の状態	飼料 種類	飼料 消費量
		日 月日 月日		g	g	匹	%			g
S—1	埼玉 〜 月寒	5 (5.13〜5.17)	北農 A	5,600	2,550	114	99.5	正常	キャンデー	40
S—2	〃	〃	〃	5,800	2,350	6,000	74.0	やや衰弱	〃	80
Y—1	山口 〜 月寒	5 (5.19〜5.23)	〃	5,060	1,700	1,482	91.7	正常	〃	340
Y—2	〃	5 (5.16〜5.20)	熊谷式	4,838	1,820	10,200	44.0	衰弱	〃	410

Ⅲ 南送成績 (1958・秋)

試験群	発送地〜受入地	所要日数(発送・受入月日)	郵送器の種類	小包重量(蜂共)	発送時蜂量	途中の死蜂数	生着率	到着時の状態	飼料 種類	飼料 消費量
		日 月日 月日		g	g	匹	%			g
S—1	月寒 〜 埼玉	4 (11.7〜11.10)	北農 B	5,980	2,510	65	99.7	正常	巣蜜	260
S—2	〃	〃	〃	5,340	2,310	630	97.2	やや衰弱	〃	520
Y—1	月寒 〜 山口	6 (11.7〜11.12)	〃	5,040	2,550	988	96.1	正常	〃	290
Y—2	〃	〃	〃	3,960	1,160	713	93.7	〃	〃	420
K—1	月寒 〜 熊本	6 (11.7〜11.12)	〃	5,660	2,150	1,045	95.1	〃	〃	435
K—2	〃	〃	北農 A	5,560	1,680	880	94.7	〃	キャンデー	270

Ⅳ 北送成績 (1959・春)

試験群	発送地〜受入地	所要日数(発送・受入月日)	郵送器の種類	小包重量(蜂共)	発送時蜂量	途中の死蜂量	生着率	到着時の状態	飼料 種類	飼料 消費量
		日 月日 月日		g	g	匹	%			g
S —1	埼玉 〜 月寒	5 (5.3〜5.7)	北農 B	5,900	2,000	151	99.2	正常	巣蜜	1,480
S —2	〃	〃	〃	5,700	2,000	211	98.9	〃	〃	1,350
S —2′	〃	〃	熊谷式	5,900	2,300	3,657	85.4	やや衰弱	流動蜜	60
Y —1	山口 〜 月寒	5 (5.13〜5.17)	北農 B	5,950	2,000	96	99.5	正常	巣蜜	800
K —1	熊本 〜 月寒	7 (5.30〜6.5)	〃	4,000	1,100	370	96.6	〃	〃	680
K —2	〃	〃	〃	4,620	2,000	370	98.0	〃	〃	935
KO—1	高知 〜 月寒	7 (5.14〜5.20)	北農 A	4,040	1,000	316	96.8	〃	流動蜜	—
KA—1	鹿児島〜月寒	7 (5.14〜5.20)	北農 B	5,700	1,420	611	95.7	〃	巣蜜	1,470
KA—2	〃	〃	〃	5,500	1,280	183	98.6	〃	〃	1,430
KA—3	〃	〃	〃	5,700	1,060	189	98.2	〃	〃	1,350
KA—4	〃	7 (5.21〜5.27)	〃	5,340	1,290	218	98.3	〃	〃	1,190
KA—5	〃	〃	〃	5,120	1,250	334	97.2	〃	〃	1,010
KA—6	〃	〃	〃	5,750	1,690	119	99.3	〃	〃	1,550

Ⅴ 南送成績 (1959・秋)

試験群	発送地〜受入地	所要日数(発送・受入月日)	郵送器の種類	小包重量(蜂共)	発送時の蜂量	途中の死蜂数	生着率	到着時の状態	飼料 種類	飼料 消費量
		日 月日 月日		g	g	匹	%			g
KA—1	月寒〜鹿児島	5 (10.29〜11.3)	北農 A	5,740	2,000	5,000	75.0	正常	キャンデー	280
KA—2	〃	〃	〃	5,460	〃	1,700	91.5	〃	〃	300
KA—3	〃	〃	〃	5,460	〃	650	96.8	〃	〃	230
KA—4	〃	〃	〃	4,800	〃	800	96.0	〃	〃	300
KA—5	〃	〃	北農 B	5,730	〃	1,000	95.0	〃	巣蜜	560
KA—6	〃	〃	〃	5,430	〃	—	全滅	—	〃	—
KA—7	〃	〃	〃	5,310	〃	500	97.5	正常	〃	690
KA—8	〃	〃	〃	5,710	〃	500	97.5	〃	〃	1,040
KA—9	〃	〃	〃	5,770	〃	700	96.5	〃	〃	1,120
KA-10	〃	〃	〃	5,210	〃	1,300	93.5	〃	〃	690

備考：1. 生着率は1匹を0.1grと換算して計算した。

2. 1959年における南送成績中，K—6は到着時数百匹生きており，他はすべて斃死していたので全滅として処理した。この群の不成績の原因は不明である。

なお現在一般に行われている鉄道小荷物便（客車便）による蜂群の輸送について当場で行つたものの一部を参考までに示すと次のとおりである。

鉄道小荷物便による蜂群輸送成績　（徳田・関口　1952，1953）

試験群	発送・受入地	所要日数（発送・受入月日）	小荷物重量	発送時の蜂量	途中の死蜂数	生着率	到着時の状態	餌料 種類	餌料 消費量
		日 月 日 月 日	g	g	匹	%			g
A	月寒 ～ 千葉	3（10.17～10.19）	11,100	3,000	375	98.8	正常	巣蜜	1,200
B	〃	〃	9,700	2,000	47	99.8	〃	〃	1,140
A′	〃	5（11.10～11.14）	9,500	2,500	1213	95.1	〃	〃	580
B′	〃	〃	8,500	1,300	63	99.5	〃	〃	580
A	千葉 ～ 月寒	6（5.23～5.28）	10,840	3,000	481	98.4	〃	〃	1,210
B	〃	〃	9,760	2,000	261	98.7	〃	〃	860

IV　輸　送　経　費

この試験において前後5回にわたる延37群の南送北送に要した郵送料金は，1群につき一様に 150 で，合計5,550円となるが，参考までに鉄道小荷物便を利用したばあいと比較してみたところ，郵送料金 5,550 の円に対して鉄道運賃は 19,750 円となり，郵送の方が14,200円安い。

区分	発送～受入地	発送群数	郵送料金	鉄道料金（発送個数）	比較（郵送の方が安い）
			円	円	円
1957年 南送費	月寒～埼玉	2	300	720（1個口）	420
	月寒～山口	2	300	1,040（1 〃 ）	740
計			600	1,765	1,160
1958年 北送費	埼玉～月寒	2	300	720（1 〃 ）	420
	山口～月寒	2	300	1,040（1 〃 ）	740
計			600	1,765	1,160
1958年 南送費	月寒～埼玉	2	300	720（1 〃 ）	420
	月寒～山口	2	300	1,040（1 〃 ）	740
	月寒～熊本	2	300	1,040（1 〃 ）	740
計			900	2,800	1,900
1959年 北送費	埼玉～月寒	3	450	1,250（2 〃 ）	800
	山口～月寒	1	150	770（1 〃 ）	620
	熊本～月寒	2	300	1,040（1 〃 ）	740
	高知～月寒	1	150	770（1 〃 ）	620
	鹿児島～月寒	6	900	3,600（3 〃 ）	2,700
計			1,950	7,430	5,480
1959年 南送費	月寒 ～ 鹿児島	10	1,500	6,000（5 〃 ）	4,500
計		37	5,550	19,750	14,200

備考　鉄道便のばあい，運賃を安くするため，2群のときは1個口に，3群のときは2個口に，6群のときは3個口に，10群のときは5個口にそれぞれまとめて発送したこととして計算した。

V　考　　察

この試験によつて蜂群の小包郵便による輸送は，安全でかつ経済的であり，充分に養蜂経営の面に実用化できる見とおしをえたが，以下試験成績にもとずいてすこしく検討してみよう。

1）　輸送器について

郵送器は輸送途中で破損して脱蜂がないように丈夫につくることが大切であることはいうまでもない。この試験で輸送器の荷いたみのため途中数匹から10数匹の蜂が脱け出して，郵便局員をてこずらしたことが2回ほどみられた。郵便小包は現在重量が6 kg以内に制限されており，送器が重くなれば，それだけ送る蜂の量がすくなくなるわけであるから郵送器は大体重量 3 kg 以内で丈夫につくるように工夫すべきであろう。かりに郵送器を 3 kgとすれば，餌料と荷づくり材料が大体 1 kg を要するから，これを加えれば 4 kg となり，残りの 2 kg 分は蜂を送ることができる。

この試験で郵送器は，熊谷式，北農式A型および同じくB型の3種を使用したが，輸送器の種類による輸送成績の差は，供試蜂量，途中の気温や餌料などが深い関係をもち，一がいにどの種類がもつともよいかということは，この試験成績だけで結論することはむづかしいが，大体どの種類の郵送器でも使用法さえあ

やまなければ，蜂群を安全に輸送できるようである。しかしどの郵送器もその取扱上に種々の不便の点があるので，これについてはこんごの改善の余地がのこされている

次に各郵送器について実用上の特失を論じてみよう。

A．熊谷式郵送器　これは堅牢さの点においてはすぐれているが，なにぶん蜂を入れる内箱の容積が小さいため，蜂の収容量がすくなく，しかも材料を多く使用しているので製作費が比較的高くつき，重量ももつとも多く，また蜂の出し入れその他取扱が面倒であるなどの欠点をもつ。

この送器はその重量の点からいつても，また箱の容積からいつても，蜂量 1 kg ていどが適当で，それ以上は危険であり，また制限重量を超過するだろう。別表IIの試験群Y－2はこの送器に 1,820 g を入れて送つたところ，56.5%に相当する多数の死蜂をだしたが，これはあまり多くの蜂をつめすぎたことが大きな原因であると思われる容器内の空間は蜂量に対して大きいほど安全のようであり大体蜂球の大きさに対して2倍以上の空間が必要のように思われる。

けつきよくこの式の郵送器は実用上不適であると考える。

B．北農式A型　これはピラミツト状の枠全体が蜂の収容場所となつている関係上，容積が前の型にくらべてずつと大きいのが特長であり，約 3 kg の蜂量を送ることができよう，この試験でも 2,550 g の蜂群を安全に輸送している．

熊谷式，北農式（A型）とも外形をピラミツド状にしたのは，輸送中に天地ギヤクづみにされることをふせぐとともに，わざと容積をとることによつて郵便行のうに入れられないようにしたためであるが，この形は外圧力につよく堅牢で途中の荷いたみがすくない。

しかし反面，かさばつて扱いにくいなどの欠点がある。

C．北農式B型　これは巣箱の型をしたものであり取扱いはもつとも便利である。容量も大きいから，工夫すれば 3 kg の蜂を送ることができるであろう。しかし前2者にくらべて堅牢さの点において劣るから，途中の荷いたみがないように注意が肝要である。また飼料として自然貯蜜巣をそのまま利用することができ，工夫すればキヤンデーも利用することができるであろう。

以上3種はそれぞれ一長一短をもち，どの型がもつとも輸送成績がよいかということは，蜂量，蜂の日命，気象状況，換気，餌料などのいろいろな要素が複雑に関係するので，この試験の成績によつて結論をえることはむづかしいが，実用性からいつて北農式（A型およびB型）が適当であると思われる．

2）餌料について

輸送途中のエサは安全に蜂に利用されやすいものでなくてはならないことはいうまでもない。他の条件がどんなによくても，餌の点に欠かんがあれば，好結果は望められず，最悪のばあいは全滅することになる

この試験においては，餌料としてキヤンデー，流動蜜巣蜜の3種を使用したが，一長一短があり，使用法さえあやまらなければ，どれでも好成績を収めることができるであろう。

A．キヤンデー　これはいつでも必要量をえることができるし，安全度もたかく，蜂の消費量ももつともすくない。ただ注意しなければならないことは，適度のやわらかさが必要で，かたすぎれば蜂は食べにくく，やわらかすぎれば流れでて蜂をいためる。キヤンデーのばあい，送器が途中横づみや天地ギヤクづみにされても，蜂は自由に利用することができる

B．流動蜜　あまり蜜が濃すぎたり，カンの穴が小さすぎたり，また蜜のなかにゴミなどがまじつていたばあい，カンの穴から蜜がにじみでないので，蜂が餌料を摂取できず飢える危険がある。また蜂蜜がうすすぎたり，カンの給蜜孔が大きすぎたりすれば，反対に蜜が多く流れでて蜂を損傷させる。

蜂蜜の濃度はボーメ約40度，カンの給蜜孔は直径 0.5 mm 位が適当であろう。

C．巣　蜜　これは蜂がもつとも利用しやすい。しかし巣脾がかさばつて重く，破損して蜂をいためやすい。稀薄な貯蜜は途中で蜜がたれて蜂をいためる，巣脾を縦横に針金などでしばつて脱落しないように補強するがよい。

郵送群の途中における餌料の消費量は，餌料の種類によつて非常に差がある　キヤンデーは消費量がすくなく，もつともすくないのは蜂量 1,100g のS－1の4日間で 20 g（表I）である。蜜巣のばあい，消費量が非常に大きく，もつとも多い例は，蜂量 2,000g のS－1の5日間で1,480g（表IV）である。

3）換気について

郵送器の換気の適否は，輸送成績に大きな関係があるようで，気温がたかければなるべく金アミの露出部分を拡げて，換気をよりよくする方が安全であろう。秋南送のばあいと春北送のばあいとは，途中の気温にかなりの差があることがあるから，こんなときは送器の換気を加減するのがよいようである。この試験では，南・北送とも同じ換気で行つたが，概して春の北送成績が死蜂量が多く，比較的不良であつたのは気温の上昇に応じて換気の拡大をはからなかつたことが原因の一つではないかと考えられる。

冬の低温の時期以外は一般に換気をよくした方が蜂群

の輸送には安全と思われる。しかし換気の拡大は自然送器内に光線を増すことになる。明るいことは蜂をさわがせるもとになり，蜂の安静のためには暗いことが必要だという従来の説はこんごの試験によつて再検討しなければならないと思う。

4) 蜂　　量

この試験に使用した蜂群は，最少1,000g，最強2,550gであつた。蜂量が多いほど輸送の困難は増すわけであるが，2kg以上の蜂量でも方法をあやまらなければ安全に送ることができる。

ハカリ蜂養蜂において，蜂群はなるべく2kg以上，できれば3kg位の蜂量を標準としたい。蜂量1kgていどの群は南地においても北地においても，受入後独立群として建勢がはかどらず，とうてい生産的に期待できない。それで郵送群は制限の範囲内でできるだけの大群を送るよう工夫すべきであろう。

蜂が若いか否かも輸送成績に非常に関係があるようで老蜂は途中でさわぎやすいようである。

VI 摘　　要

交換飼育による養蜂経営の合理化をはかるため，蜜蜂群の経済的にして安全簡易な輸送法を確立する目的をもつて，1957年より1959年にかけて小包郵便利用による輸送について，北海道月寒と本州，四国，九州の各地との間を，延27群27回にわたつて，特別に考案された3種の郵送器を使用して，餌料としてキヤンデー，巣蜜および流動蜜を用いて南北輸送交換して試験した結果，良好な成績を収めることができた。

すなわち輸送成績は平均生着率が，南送のばあい90.1%，北送のばあい92.4%で，また輸送経費は，郵送料は鉄道運賃の28.1%にすぎない。

以上の試験成績にもとづいて蜜蜂群の小包郵便による輸送は，きわめて経済的でかつ安全であり，これを実用の面に移し，養蜂家に普及奨励できるものと認められる。

参　考　文　献

1) FARRAR C. L. (1952) : Importance of Package Bees and Problems Affecting their Successful Use. American Bee Journal Vol. 92, 3. 108〜110

2) 井上正久(1936)：グラム蜂の局止め．産業養蜂，33，403.

3) 金子真三 (1936) ：グラム蜂郵送用木框．産業養蜂，28，166〜167.

4) 数井考正 (1936) ：ヽグラム蜂輸送の実績．産業養蜂，33，403〜404.

5) 西川三光 (1937) ：グラム蜂郵送の実績.産業養蜂，39，118〜119.

6) 関口喜一 (1956) ：交飼群の北地における成績．月刊ミツバチ，97，138.

7) 関口喜一 (1952) ：ハカリ蜂養蜂.札幌.

8) WEAVER Roy S. (1954) : Should package bee producers feed fumagillin ? Gleanings In Bee Culture Vol. 82, 5. 265〜266.

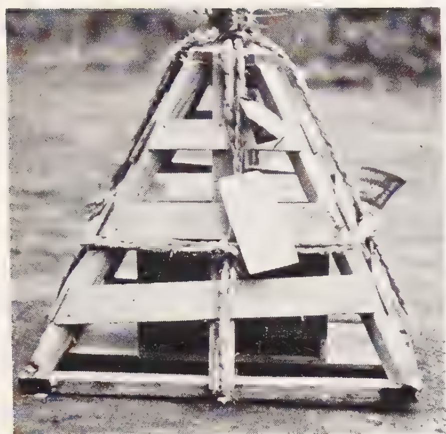
Résumé

This experiment was carried out at the Hokkaido National Agr. Expt. Station 1957 to 1959 to find an economic and safe manner of transportaion of bee colonies. Bee colonies were mailed by parcel post. For this experiment, three types of special cages were deivised by the author.

Bee colonies were shipped by an exchange arrangement between Hokkaido Prefecture and five other prefectures, Saitama, Yamaguchi, Kochi, Kumamoto and Kagoshima.

The bee colonies sent arrived at each of the destinations in good condition. When they were sent from Hokkaido Prefecture to the other destinations, the average living ratio and the average amount of food consumption were 90.1% and 416.0g. When they were sent to Hokkaido Prefecuture, these figures were 92.4% and 885.9g.

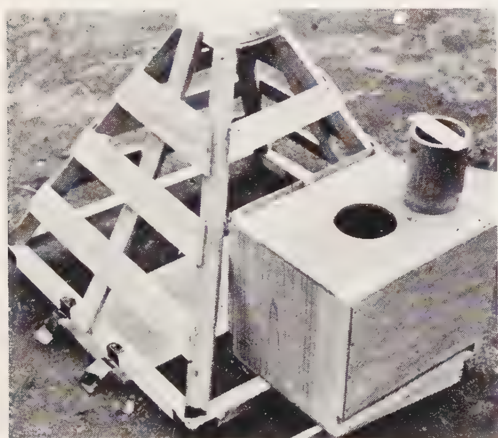
Comparing the cost of shipping of the bee colonies by the parcel post with the cost of transportation by railway, the former was cheaper being only 28.1% of the later.



第 1 図　熊谷式郵送器の荷づくりした外観。



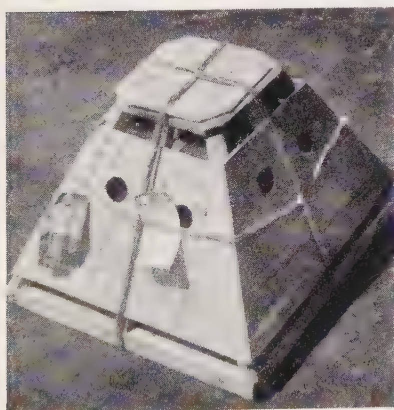
第 4 図　北農式郵送器A型に蜂を払い込んでいるところ，郵送器を自動秤にのせ大型のロートから蜂をいれる。



第 2 図　熊谷式郵送器の内箱と外枠内箱の上の筒は給餌器（竹筒を利用したもの）。



第 5 図　北農式郵送器A型に蜂をいれ終つたところ，上にあるのは給餌カンで，これを口にさしこみ，フタをする。



第 3 図　北農式郵送器A型の荷づくりした外観



第 6 図　北農式郵送器A型を自転車につんで郵便局へ発送。



第 7 図　北農式郵送器B型の造づくりした外観。



第 10 図　北農式郵送器B型から蜂を巣箱にうつすところ



第 8 図　北農式郵送器B型の内部，中央は給餌用の貯蜜巣



第 11 図　蜂が巣箱にうつされておちついたところ



第 9 図　北農式郵送器B型が到着し，そのフタをとつたところ．



第 12 図　北農式郵送器B型の途中で貯蜜巣が破損脱落した状態，底面に死蜂がころがつている。

線型計画法による営農類型の設計（第1報）

新藤政治*・福田重光*

PLANNING HIGHEST RETURN FARMING SYSTEMS APPLYING LINEAR PROGRAMMING METHOD (1ST REPORT)

By Seiji SHINDO and Shigemitsu FUKUDA

1. 研究の目的

農業経営の設計は，経営が永続的にヨリ多くの収益をあげていこうとするのに欠かせぬものであることはいうまでもない。農家は何らかの形で，意識的にあるいは無意識に設計を行つている場合が多い。しかし具体的に経営設計の方法となると，今まで数多くあるにもかかわらず一長一短で，決定的な方法はいまだ確立されてない。もちろん対象により，目的に応じて方法を選べばよいのであるが，それにしても経験とカンに頼る面が少なくない。今日，具体的技術の上に立つた数量的計測にもとずく経営設計が強く求められているのも，経験とカンでは現実の要求を満足しえず，現場の技術者や農家を説得しえなくなつてきているからだと考える。数量的計測をもとにした設計方法として線型計画 linear programming や試算分析法 budgeting が取りあげられるのもこうした背景がある。

研究の目的の第一は，線型計画法を実際に適用してそれの実用化のための具体的な方法を積み上げていくことにある。最近わが国でも線型計画法を適用した報告が発表されているが，[6),8),9),10)] 適用にはまだ多くの問題があると考えるからである。

目的の第二は，線型計画法の対象を個別経営とせずに営農類型の設計においた点である。線型計画法の対象に営農類型の設計を選んだ理由は営農類型の設計は (i) 営農類型をつくるに当つては多数の作目，部門を組み入れ，しかも新しい技術を導入する場合が多い。(ii)必要とする諸資源，所得水準などがはつきりした数字で示される。(iii) 多くは長期設計である，ことなどが要求される。いささか結論的ないい方であるが，線型計画法はこれらの要求をもつともよく満足させることができる方法だからである。

線型計画法の概要や適用方法についてここでは一切触れない。参考文献にあげた線型計画法に関する概論的なもの2)，7) などを参考にされたい。

2. 営農類型について

営農類型とは普通“農業経営の型”の意味で使われる。現存する多数の農業経営をまとめ，適当な指標を用いて分類し，目的に応じてタイプ分けした結果を指している。しかし営農類型という言葉は，こういう“現状”に対して使われる外に，もう一つ“あるべき姿”を示す場合にも用いられる。

開拓経営の設計にあたつては従来からこの意味で使われていた。最近では「北海道寒冷地畑作営農改善資金融通臨時措置法」の施行（昭34．4．1）に伴つて，北海道は 22 の「寒冷地畑作振興地域」を指定し，各地域毎に一ないし四つの「営農改善の目標」を作成した。すなわち「北海道知事は，営農改善資金の貸付を受けようとする者の営農改善計画の作成に資するため，寒冷地畑作振興地域ごとに，一中略一営農の改善の目標として，その寒冷な気象条件その他の自然的経済的条件に適応する営農条件に応ずる営農方式の例を作成することができる」（同法第9条の2）のである。ここで明らかなように，営農類型とは“営農の目標”であり，「将來のあるべき姿として，その目標を示すもの」（北海道農務部：営農類型作成資料　昭.33）であつて，具体的には「各地域の平均的な経営面積を有する農家が，おおむね7 ～ 10 年後に，本対策の効果的実施によつて到達しうると考えられる目標」（同上）である。

この研究でいう営農類型は，後者を指す。それも抽象的に将来の目標を算定するのでなく，実用性を考慮してこの「畑作営農改善対策」で規定する営農類型を念頭において設計を進める。従つて対象の選定も必要数値，資料の入手の関係と並んで，この法律の対象となる町村，地域で

＊　農業経営部　経営第1研究室

あるかどうかを考慮した。

3. この研究の対象地域

以上の見地から選んだのは，北海道後志地方の羊蹄山をめぐる地帯，いわゆる羊蹄山麓地帯に属する K 町である。 K 町の農業の特徴は次のようである

羊蹄山を中心に外側をいくつかの山に囲まれた山間盆地である。道内でも有名な多雪地帯に属し，従つて雪どけが遅いので春の作業は極めて短い期間に制約される。山麓，傾斜地，波状地帯と河川流域平坦地帯に区分される。山麓地帯は火山灰土壌が大部分でそれは概して酸性を呈し地味はよくない。耕地の大部分はこの緩傾斜地上に展開する畑地である。作物はばれいしよが多くつくられ，耕地の約30％に達する。次いでえんばく，ひえ，クロバーなどがつくられている。ばれいしよは昭和 10 年頃から府県向けにつくられ，戦中，戦後の価格の相対的有利性や種子用，澱粉の需要の増大に支えられて羊蹄山麓地域の中核作物となり，北海道の中でも一大主産地を形成するに至つた。特にK町からM村にかけては，小規模のでん粉加工場が多いのが特徴である。酪農化は進んでいるとはいえないが約 40 ％の農家が主に 1 ～ 2 頭の乳牛を飼養している。ばれいしよの反収は 30 ～ 50 俵とかなり高いが，肥料の多投によつて支えられている面が強い。牛乳生産力は中庸と思われる

K町の農家数は 784 戸，1戸当りの平均耕地4.25 ヘクタール，うち畑 3.76 ヘクタール，外に採草放牧地が 0.90 ヘクタールある。(数値は主に昭,31. 7. 1. 現在の「集落別農業概況報告」による）。

4. 対象農家をタイプ分けする

営農類型はある地域に対して一つだけ設定することがある。そうした場合，具体的には平均農家あるいはモード農家が対象になつていると考えてよい しかしこれでは巾をもつて広がつている階層すべての農家に適用できるものではないし，多くの農家がモード農家になるのは既存農家では望むべくもないであろう。ここでは計画を一つに限らず，実態にそくして階層別，経営形態別などによつて沢山とり，でき上つた計画一覧表から農家が自分の形態に応じて自由に選べることを理想とした。そのため町の統計その他をもとにして対象農家を次のように分類した。

前述の「畑作振興法」の場合では各地域に 1 ～ 4 の類型をモード農家を対象につくつている。しかしこれでは巨視的であり過ぎるので，そのまま地域内の農家にあてはめうるとは限らない。そこで各市町村では地域別営農方式例，算出基礎表，将來の目標，現地の特殊事情などを用いて，ヨリ細かい営農類型をつくることになつている。今回の報告は，町全体の規模あるいは“代表農家”の数値のあてはまるかなりの広範囲で多数の営農類型をつくる。ヨリ微視的な類型設計は第 2 報以下で行う。

タイプ分けの指標としての生産条件は，大きくは気象・土壌・地形などの経営をとりまくものがあり，さらに耕地・農用地の広狭，保有労働力の多少，家畜・農機具・諸設備の相違などがある。このうち土壌条件などはほぼ等しいとみなし，いいかえれば等しい範囲を対象とすることにし，他の生産諸条件は乳牛，耕馬の頭数のほかは 2 町以上層ではほとんど変りがない。プラウ，ハロー，カルチベーター，脱穀機などの畜力手刈段階にとつて基本的な農機具は，ほとんどの農家が所有または使用している。いいかえれば 2 町以上の専業農家は技術過程を同じにすることができる可能性をもつているわけである。

第 1 表 農家の類型分類と設定条件

家族人員（左）と {保有労働人員 消費換算人員 ＼ 耕地面積	大 （L） 町 11.0	中 （M） 町 6.0	小 （S） 町 3.0
多 （e）	$Le \cdot h_2\ C_0$	$Me \cdot h_1\ C_0$	$Se \cdot h_1\ C_0$
9人……{3.6人 7.3	$Le \cdot h_2\ C_1$	$Me \cdot h_1\ C_1$	$Se \cdot h_1\ C_1$
中 （m）	$Lm \cdot h_2\ C_0$	$Mm \cdot h_1\ C_0$	$Sm \cdot h_1\ C_0$
6……{2.8 5.0	$Lm \cdot h_2\ C_1$	$Mm \cdot h_1\ C_0$	$Sm \cdot h_1\ C_0$
少 （f）	$Lf \cdot h_2\ C_0$	$Mf \cdot h_1\ C_0$	$Sf \cdot h_1\ C_0$
4……{1.8 3.3	$Lf \cdot h_2\ C_0$	$Mf \cdot h_1\ C_1$	$Sf \cdot h_1\ C_1$
摘要	1. ばれいしよ堀り取りは堀取機による 2. 耕耘整地は1頭曳で2台，ただし fのみ1頭曳きを使用	1. ばれいしよはプラウ堀り取りによる 2. 耕耘，整地は 1 頭曳きで 1 台	1. ばれいしよはプラウ又は一部手堀りによる 2. 耕耘，整地は 1 頭曳きて 1 台

〔注〕 h は耕馬，C は乳牛の略，数字は頭数をあらわす従つて $Le \cdot h_2\ C_0$ とは“耕地 11 町，労働人員 3.6人，耕馬 2 頭，乳牛なし”の経営型を指す。

そこで，耕地面積，保有労働力を主な指標とし，各々 3 段階に分け，これを組み合わすと 9 つのタイプになる。さらにこの各タイプに最も一般的な乳牛と馬の頭数を加味し，1 表にあるような 18 の類型に分類した。

5. 設計にあたつての主な仮定

(1) 短期の農業粗所得*の最大化，最終的には農業所得の最大化を経営の目標とする。固定設備や家畜などは決つていて，生産過程に入る作物の生産に支障がないとする。

＊ 一次的に増加する変動費用を粗収益から減じたものである。gross profit[1] の直譯である。

第 2 表　Me・h_1 C_1 の 単 体 表（計 算 開 始 時）

Resource or actirity		Supply or actirity level	Disposal actirities																Real activitees									
	C→																		13,133	12,549	10,981	12,034	3,305	3,529	−45	−45	−45	円
																			ばれいしよ「紅丸」	ばれいしよ「男しやく」	小豆	ビート	ひえ	えんばく	9月下旬雇傭	10.上雇傭	10.中雇傭	
			P_{10}	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{15}	P_{16}	P_{17}	P_{18}	P_{19}	P_{20}	P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{24}	P_{25}	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	
総耕地	P_{10}	36.8	1																1	1	1	1	1	1				反
ばれいしよへの土地	P_{11}	19.1		1															1	1								〃
小豆への土地	P_{12}	9.6			1																1							〃
ビートへの土地	P_{13}	15.0				1																1						〃
労働 (月)(旬) 5・上	P_{14}	322.9					1												4.3	4.3	7.9	8.6		4.3				時間
5・中	P_{15}	348.4						1											4.8	4.8			2.4					〃
6・中	P_{16}	290.3							1										0.7	0.7	11.2	16.6		0.9				〃
6・下	P_{17}	292.0								1									3.7	3.7	0.1	9.0	3.6					〃
8・下	P_{18}	269.4									1											1.6		24.3				〃
9・上	P_{19}	315.8										1								6.3								〃
9・中	P_{20}	300.6											1						3.9	3.9								〃
9・下	P_{21}	300.5												1					6.3				4.9		−1			〃
10・上	P_{22}	293.4													1				5.3		6.0		7.8			−1		〃
10・中	P_{23}	224.6														1			10.1				11.5				−1	〃
畜力 5・上	P_{24}	64.6															1		1.7	1.7	2.0	2.9		2.8				〃
5・中	P_{25}	76.0																1	1.8	1.8			1.9					〃
変動費用		／																	4,555	5,983	1,203	4,453	2,095	1,656	45	45	45	円

第 3 表　最 大 所 得 を も た ら す

		$Le\cdot h_2C_0$	$Le\cdot h_2C_1$	$Lm\cdot h_2C_0$	$Lm\cdot h_2C_1$	$Lf\cdot h_2C_0$	$Lf\cdot h_2C_1$	$Me\cdot h_1C_0$	$Me\cdot h_1C_1$
農業粗所得		千円 826	千円 848	千円 719	千円 734	千円 515	千円 518	千円 527	千円 570
販売作物	ばれいしょ「紅丸」	反 16.5	反 27.9	反 —	反 36.0	反 14.1	反 20.5	反 19.1	反 19.1
	ばれいしょ「男爵薯」	19.3	7.9	36.0	—	21.2	10.4	—	—
	小豆	0.6	3.1	8.7	7.2	—	1.0	9.4	9.6
	ビート	16.4	13.1	—	—	0.5	0.5	5.8	4.0
	ひえ	29.6	15.3	38.1	26.3	9.5	—	7.0	3.6
	えんばく	—	—	—	—	—	—	—	0.6
	不作付地	—	10.7	2.3	11.1	42.5	50.8	—	—
	小計	82.4	77.9	85.1	80.6	87.7	83.2	41.3	36.8
自家食糧作物		9.8	9.8	7.1	7.1	4.5	4.5	9.8	9.8
飼料作物		17.8	22.3	17.8	22.3	17.8	22.3	8.9	13.4
耕地計		110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	60.0	60.0
雇傭	9月上旬	時間 —	時間 —	時間 —	時間 —	時間 —	時間 —	時間 —	時間 —
	中旬	—	—	—	—	—	—	—	—
	下旬	—	—	—	249.9	—	—	—	—
	10月上旬	—	—	10.9	231.0	—	—	—	—
	中旬	234.1	238.1	211.4	490.7	121.3	124.1	—	1.0
	下旬	—	—	—	—	—	—	—	—
採草放牧地		反 1.8	反 4.2	反 1.8	反 4.2	反 1.8	反 4.2	反 0.9	反 3.3
資金必要額		千円 413	千円 391	千円 383	千円 367	千円 278	千円 260	千円 192	千円 215

〔注〕 1. 自家食糧作物とは，水稲，麦類，ひえ，その他雑穀，小豆，その他豆類，ばれいしょ，そさい，などを
2. 飼料作物は馬 1 頭につき牧草 3.7 反，デントコーン 0.7，えんばく 4.5
乳牛 1 頭につき牧草 3.0，デントコーン 1.1，家畜ビート 0.1，大豆 0.3 とした。牧草は 2，3 年目の
3. ばれいしょ「紅丸」はでん粉用の，「男しやく」は種子用の品種である。

いいかえれば，土地，労働はじめ諸生産手段が一応整つていて，これから生産をはじめようとする農期間の前に，どんな作付をなすべきかをみようとしている。農業粗所得，結局は所得の最大化を目標とするのは現実的にも十分妥当性をもつている。

(2) 各生産過程の所要労働量やその時期をその他要素の投入，産出関係のデータは，主としてこの町の一部落でなされた営農試験地担当農家（5 戸）によつた。すなわちこの 5 戸を "代表農家" とみなしたのである。"代表性" の問題は後で結果の適用のところで述べる。

(3) 生産物の価格は，大体昭和 32 年の実際の農場での販売価格を用いた。この年の価格は多くの生産物にとつて最近 5 カ年間のほぼ平均的な値を示しているからでもある。

(4) 自家食糧のための作物，飼養家畜への飼料作物などへの土地，労働などは，予め制限資源から控除した。これらは優先的に確保されるという考え方であり，これはまた現実の農家の行動とも十分符合している。

(5) ばれいしょ「紅丸」はでん粉用の品種で，生産物の大部分は数戸の共同経営による加工工場ででん粉にされる。そこでは自家加工が普通である。加工に要する労働，費用などは「紅丸」の生産過程に含めた。このデータはききとりによる。なおばれいしょ「男爵薯」はたねい用も品種である。この二つは別々の生産過程とした。

(6) 臨時雇傭労働はかなり入れにくい状況にある。どうしても労働の不足する農家はむしろ年雇（正しくは 4 ～ 11月間の季節雇）を東北地方から入れている。そこで加工などの秋の農繁期（9 月上旬～10月下旬）のみ臨時雇一掘取には学童を入れることが多い一を入れる場合の計画をた

作　付　計　画　（9月上旬 ～ 10月下旬に雇傭を入れた場合）

Mm·h_1C_0	Mm·h_1C_1	Mf·h_1C_0	Mf·h_1C_1	Se·h_1C_0	Se·h_1C_1	Sm·h_1C_0	Sm·h_1C_1	Sf·h_1C_0	Sf·h_1C_1
千円 520	千円 564	千円 435	千円 464	千円 226	千円 240	千円 239	千円 255	千円 247	千円 263
反 19.3	反 19.3	反 —	反 7.1	反 9.1	反 6.8	反 9.3	反 9.3	反 9.6	反 9.6
—	—	19.6	12.5	—	—	—	—	—	—
9.7	9.7	4.5	1.0	—	—	—	—	—	—
6.2	4.9	3.6	4.9	2.2	—	4.7	0.2	7.0	2.5
8.8	5.6	18.9	10.3	—	—	—	—	—	—
—	—	—	2.0	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
44.0	39.5	46.6	42.1	11.3	6.8	14.0	9.5	16.6	12.1
7.1	7.1	4.5	4.5	9.8	9.8	7.1	7.1	4.5	4.5
8.9	13.4	8.9	13.4	8.9	13.4	8.9	13.4	8.9	13.4
60.0	60.0	60.0	60.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
時間 —	時間 —	時間 —	時間 —	時間 —	時間 —	時間 —	時間 —	時間 —	時間 —
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80.2	91.2	77.9	97.2	—	—	—	—	—	8.2
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
反 0.9	反 3.3	反 0.9	反 3.3	反 0.9	反 3.3	反 0.9	反 3.3	反 0.9	反 3.3
千円 194	千円 218	千円 218	千円 232	千円 105	千円 120	千円 108	千円 124	千円 111	千円 128

含む。

面積で1年目はえんばくと混播され，これは馬のためのえんばく中に含まれる。

ててみる。

労働配分は旬別にとる。旬内での代替，移動は可能だが，旬間のそれは難しいと考えたわけである。

(7) 作付順序の関係は考えない。ただばれいしよ・ビート・小豆については地力の損耗，病虫害の多発，価格の不安定などを考えあわせて，耕地の一定比率以上は作付けられないとし，作付可能耕地の制限を設けることにより，長期の問題を多少とも短期に反映させた。この値はそれぞればれいしよは耕地の⅓，ビート¼，小豆⅙（ただしS群のみは⅕）であつて，現地の農業改良普及所および別の試験結果などによつたものである。

生産係数などを示すため，あるタイプの計算開始時の単体表を2表に示した。

6. 計算の結果

Simplex method によつて計算を行なつた。

3表が最適計画の一覧表である。自家食糧作物，飼料作物はあらかじめ控除したので，家族人員や所有家畜により一定である。資金については特に制限額を設けなかつた。それは農家の年初の利用可能現金額が求められなかつたこと―信用限度はえられたが―によるものである。計算の過程などからえられた2，3の問題点をあげる。

L（耕地11町）では不作付地が生ずる。現在の生産手段をもつてしては土地に比して労働力が相対的に少ないためであろう。殊に Lf ではそれが5町にも達するが，実際は Lf に属する農家は存在せず，年雇を入れるなどして Lm になつてしまつている。しかし Lm，Le にも多少の

不作付地がみられるが，実際には粗放作物で埋められているであろう。ともかく先に労働を制限いつぱいに使いきつてしまうのであつて，先ず 10 月中旬，次いで 5 月上旬，6 月下旬の順で全部使つている。10月中旬はばれいしよの掘取，加工，5 月上旬は春耕，6 月下旬はビートの間引きと諸作物の中耕の作業である。

M（6 町）は Mf を除き土地も制限条件に入つてくる。しかし労働と比べ特に不足することはなく，やや遅れて限度いつぱいに到る。むしろ耕馬を 1 頭にしたため，5 月上旬の春耕期の畜力がネツクとなる傾向がみられる。現実の農家では馬を 2 頭使つているのもかなり多く，この点耕馬 2 頭のタイプもつくるべきである。

S（3 町）に至れば，土地が圧倒的に不足する。労働は多くの時期で相当量余つている。所得は格段に低くなる。

全体を通じて乳牛が 1 頭入つている群（C_1）が無飼養群（C_0）に比べて所得は大きい。労働の消化も一般によくなつているが，その反面，不足する時期もふえている。例えば $Le \cdot h_2 C_1$ で，労働を全くまたはほとんど使いきるのは 5 月上旬，6 月中旬，6 月下旬，7 月下旬，10月中旬，などとかなりの期間にわたつている。

またばれいしよ用の作付土地は 1，2 を除いてすべてのタイプで使い切つており，この制約を除けば，ばれいしよの作付はもつと増えることを示している。

雇傭労働は主に 10 月中旬を中心に，耕地が広ければ広いほど，自家労力が少なければ少ない程多くの雇傭が入いる。雇傭を入れる結果，入れない場合に比べて所得はふえているが，その額はせいぜい数万円，大体 1 ～ 2 万円で大きな額ではない。一方資金必要額は少々減少している。一部のタイプ，ことに S 群では大部分のタイプに雇傭は入いらない。このような結果は実際の状況ときわめてよく一致している。以上のことからして，農家に示す案としては，かなり現実性をもつていると考える。

7. 利用上の問題と今後の課題

これまでが，計算の結果であり，一つの試算である。現実にこれを普及にのせたものではないので，これ以上の分析的展開はしない。ただえた結果の一例を現実の農家の作付と比べて，若干の考察をなし，その上で利用上の方法や問題についての考えをつけ加えておきたい。

計算の結果を示す 3 表から $Me \cdot h_1 C_1$（耕地 6 町，農業従事者換算 3.6 人，耕馬 1 頭，搾乳 1 牛頭の経営）を選ぶ。町の 3 つの部落に属する農家 54 戸を仕分けするとこのタイプに属する農家は 4 戸ある。この 4 戸の昭和 32 年の作付平均値と計算の結果を対比した（4 表）。生産条件も多少違うから，後で述べるように，代表農家をもとにして出した結果をそのままもつてくるのは避けねばならないが，現実の農家と計算の結果を比較すれば次のようである。

(i) 農家ではばれいしよはじめ，小豆，ビートなど商品作物の作付が少ない。その反面，えんばく，ひえ，飼料作物が多く，全体として著しく粗放的で，所得もかなり下廻る。(ii) しかしばれいしよは実際には統計値を上廻る面積がつくられており，計算値に近いと考えられる。(iii) 一方えんばく，ひえなどはばれいしよ作付の穴埋めに使われており，現実は逆に少ないといわれる。それでも販売するえんばくおよびにわとり用ひえは計算よりやや多く作られているであろう。(iv) 小豆，ビートの農家における実際の作付は確かに少ない。もし技術的に可能ならば，（あるいは可能な条件を築いて）これらの作付を増すことが望ましい。(v) 乳牛のための現実の飼料面積は広過ぎる。飼料構造の改造が必要ではないだろうか。

第 4 表　計算の結果と農家の実際との比較

	耕地	労働人員		作付比率												粗所得
		実人員	概算	水稲	麦類	ばれいしよ	えんばく	ひえ	その他雑穀類	小豆	その他豆類	ビート	デントコーン	牧草	その他	
計算による	ha 4.0	人 4.0	人 3.6	(%) 3	3	34	8	8	2	17	2	7	3	11	3	千円 577
農家の実際による	5.52	4.7	4.1	4	1	18	14	19	5	3	3	3	10	16	5	328 (推算)

これ以上の勧告は，実際の経営の分析と農家との話し合いを経てからでなくては示し難い。ここではいわば実際への適用の概要を例示したまでである。すべてのタイプについて，同様な手続きをとることができる。そこでこのような利用の過程を通じての全般的な問題を要約すれば，以下三つになる。

第一に代表農家と一般農家との相違である。代表農家は一般に経営規模は大きく，技術も進んでいる方に属する。また土地の生産力も町の中では中の上位にあるといわれる。そこで代表農家の投入，産出関係は町の一般農家のそれと必ずしも一致しない。しかし次の理由で，代表農家より低水準にある農家をそこまで引き上げることが可能であると考える。一つは前述したように，作業体係そのものには耕地の大小による階層差はほとんど認められないこともう一つはこの町の畑地の相当範囲の土性はそれ程大きな差違がない点である。従つて極端に土地生産力の異なる地域を除けば個々の農家の生産技術の改善が代表農家への接

近，上昇への途である。代表農家の水準にまで達しうるならばここでたてた計画はあてはまりうるのである。

第一の点と平行して，あるいはその次に問題になるのは，実際の農家にこの計画を持ちこむ時のことである。経営計画の普及の問題といつてもよかろう。この場合線型計画法を用いてつくられた計画を，実際の農家にとつての計画一短期では多くの場合改善設計である一に変化させなくてはならない。また個々の農家の実情や目標は色々と違うから，そうした点も加味する必要があろう。そのためには経験や話しあいによる変更もよいが，試算計画法（partial budgeting）との協同が望ましいのであるまいか。しかしこのような手順は長期設計に際して，はじめて効果を発揮してくると思う。その点今回のような短期設計では，両者の分担がはつきりせず試算計画法のみで充分な場合も考えられる。

第3は前述の「北海道畑作営農改善対策」と関連して政策面への寄与についてである。この報告でわれわれのとつた方向は町の似かよつた地域全体を捉えて，巨視的視野の中で，多数のタイプを分け，それぞれの類型を立てることであつた。しかしこの対策の運営にあたつては巨視的には2，3の類型を提示した上で，次に町村内の農業地域，部落あるいは直接指定農家群に対して営農類型をつくるようになつている。従つてわれわれのとつた方向とはやや異なつている。方法論上の問題は別としても，このままでは実用化し難い。

最後に理論上または設計の方法論上での残された問題を指摘しておく。

(i) 設計の期間の問題： 今回は短期の設計であつたが，将来にわたる中，長期の計画は当然必要である。このためには，生産係数のデータ，特に作付順順序に対する投入，産出関係と，価格変動の見通しについての数値がえがたいことが主な障害がある。前者については基礎的な試験を必要とする。後者についてはヨリ精巧な方法によつてある程度解決することができると思う。

(ii) “一般性” の問題： 代表農家のとり方に伴う問題として，今述べたところである。ほかからのデータ，特に所要労働時間のデータの入手が難しいとすれば，数値をさらに一つ一つ検討する要があろう。また飼料構造の点で代表農家の生産過程は “一般性” が薄いようである。少くとも他に2，3の代替的な過程を入れた方がよい。

(iii) その他の問題： 水稲を自家食糧作物として総耕地に含めたが，水田面積は別に取り扱つた方がよい。また採草放牧地，こうかん類は利用状況によつてシンプレツクス表に含めた方がよいこともあろう。

利用にあたつての問題点および方法論上の問題など，以上あげたところを再考し，考慮して，第2報ではさらに実用化しうる設計を展開していく予定である。

8. 要　　約

1） 線型計画法を用いて，“あるべき姿” としての営農類型を設計する。

2） 対象は羊蹄山麓畑作振興地域に属するK町である。でん粉用ばれいしよ地帯として名高い。

3） 農家を保有労働人数，経営耕地によつて各3段階に区分し，さらに乳牛，耕馬頭数によつて計18にタイプ分けし，各々に対して営農類型を設計する。

4） 短期計画を考え，生産係数は主として“代表農家” のそれを用いる。ばれいしよなどには作付制限を設けた。家畜および自家食糧作物への土地，労働は予め利用可能資源量から控除する。雇傭労働の受け入れ時期，賃銀などは実態によつた。経営の粗所得 gross profit を最大にすることを計画の目標とする。

5） できた1組の不等連立方程式を，9月上旬～10月下旬の期間に限り臨時雇傭を入れうるとして Simplex method を用いて計算した。

6） 計算の結果，L（耕地11町）の群では，10月中旬，5月上旬，5月中旬，6月中旬の労働が使用しつくされ，不作付地が生ずる傾向がある。M（6町）タイプではほぼ同じ時期の労働と1頭の耕馬（畜力）が制約となる。S（3町）では土地が第一に使いつくされ，労働は余つている。雇傭を入れることにより，Sを除き自家労働の利用は高まり，所得も上るが，所得増の巾は僅かである。乳牛飼養農家は無牛農家より所得が一般にやや高い。総じて計算から導き出された計画は現実的であると考える。

7） しかし利用にあたつて，また方法論や計算技術の上で，残された問題が見受けられる。また「寒冷地畑作振興法」にのつとつた営農類型をつくるには，ヨリ微視的な視野からの設計が必要である。

8） けれども線型計画法は多作目の作付配分の大枠を見出すには有用な方法であるとの考えは強められた。第2報においては，方法と対象をさらに深め具体化していく。

9. 参　考　文　献

1) Clarke G. B. and I. G. Simpson (1959) : A Theoretical Approach to the Profit Maximization Problems in Farm Management, Jour, of Agri, Econ, 13 (3), 250～274.

2) Heady E. O. and W. Candler (1958) : Linear Programming Method, Iows Stat College Press.

3) 北海道：狩太畑作改善（畜力化）営農試験地事業成績書　昭27（第1年目）～昭32（第6年目）全5冊

4) 北海道農務部（昭32）：営農類型作成資料，農業技術普及資料 2 (3)，15〜99.

5) ――――（昭34）：北海道寒冷地畑作営農改善資料，農業技術普及資料 3 (4)，1〜245.

6) 石垣千代三（1956）：山陰水田裏作の研究―二毛作方式の成立条件と経営比較，中国農試報告 3―1 分冊 C 4 号

7) 河部守弘（1956）：リニアー・プログラミングによる経営計画，産業図書

8) 工藤 元（1959）：農業経営の線型計画（第 1 報）帯広畜大酪農経営研究室研究資料 第 4 号

9) 工藤 元（1959）：同（第 2 報）。同 第 5 号

10) 久守藤男（1959）：線型計画法による畑作経営の改善設計，滋賀県農試研究報告，第 3 号，41〜51.

11) 農林省農林水産技術会議，農林大臣官房寒冷地農業振興対策室（昭 34）：北海道農業地域区分結果概要，51.

12) 農林省農林水産技術会議，農林大臣官房寒冷地農業振興対策室（昭 33）：寒冷地営農調査報告書―北海道 17〜18.

13) SWANSON E. R. (1958) : Highest Return Farming Systems for Drummer-Flanagan Soils, Univ. of Illinois, Bull. 629.

Résumé

By use of the method of linear programming, the authors tried to plan the highest return farming systems for the farms in "K Town" located in the Yotei-sanroku area, south western part of Hokkaido.

The farm were classified into 18 types, using arable land, family labor, numbers of horses and cows as indicators; farming systems were planned for all types respectively (table 1).

The assumptions are ; (1) Production coefficents used are those of "representative farms" located in this town. But some coefficents were gained by interview method. (2) Commodity prices used were the 1957 farm prices. (3) The numbers of horses and cows are invariable, then the resulting farming sytems will be short-run plans. (4) The land and labor for home-consumed crops and horses are subtracted from available resources before the calculation. (5) Labor can be hired only from early in September to late in October.

The simplex tableau (lst step) of a type is show in table 2.

Maximum incme systems are given in table 4. The first row of the table is the type of farm.

In "L" (large size) group the labor in middle October, early May, middle May and middle June are exhausted while the land is not. In "M" (medium size) group, lahor in the same periods, horse labor in cultivating and sowing period and arable land are the bottle-necks. However in "S" (small size) group only land is exhausted, while the labor always remains not used completely. Introducing hired labor, the income increases slightly, but many of S group cannot afford to hire it. The farms which raised one cow (C_1) get more income than no cow farms (C_0).

The authors believe the systems calculated are realistic and can be used practically though some modifications are needed.

In next report, using more advanced technique, the authors will plan the systems for an area of this town.